MICROCOMPUTADORES (I)



NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

MICROCOMPUTADORES
(I)



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-734-0 (Vol. 36)
D.L.: B. 28.761-1986

Impreso y encuadernado por
printer industria gráfica sa c.n. II, cuatro caminos, s/n
08620 sant vicenç dels horts
barcelona 1986

Printed in Spain

Microcomputadores (I)

CONCEPTO DE MICROCOMPUTADOR Y PERIFERICO

Según la capacidad y potencia de los computadores, que el lector seguramente conocerá, éstos pueden clasificarse en tres grandes categorías:

— Computadores.
— Minicomputadores.
— Microcomputadores.



Computador personal profesional con sonda activa de identificación óptica.

Los computadores personales se sitúan, un poco de forma solapada, por encima y por debajo de los microcomputadores aunque, como se verá en libros posteriores, esta familia de equipos tiene una heterogenia notable de componentes. Si bien la idea de computador basada en el

potente sistema capaz de procesar datos a gran escala, está clara a nivel de concepto, es preciso profundizar en los conceptos de *mini* y *microcomputador*, ya que de su correcta comprensión dependerá el correcto aprovechamiento de los mismos.

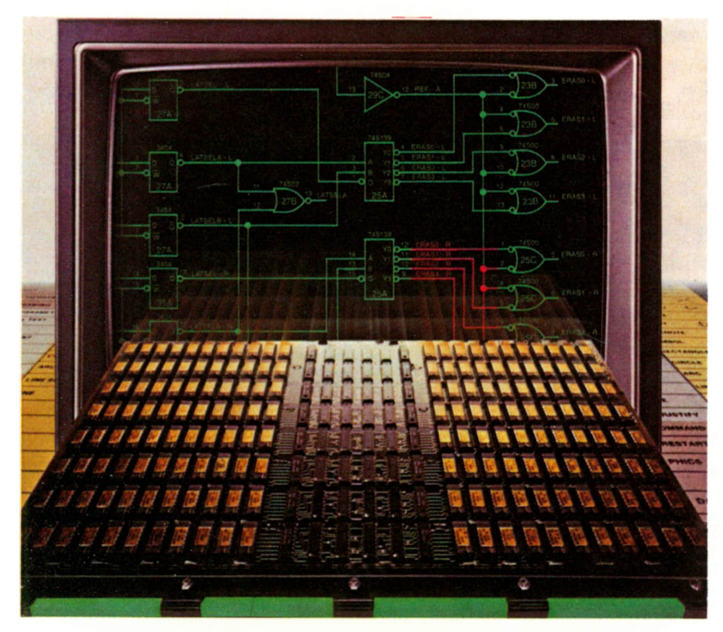
La denominación de minicomputador suele inducir a engaño, sobre todo al profano en la materia, ya que si bien son menores en tamaño e incluso en precio que los computadores convencionales, su potencia puede compararse a la de éstos y cada vez más los desbancan de sus tareas y los sustituyen.

Esta proliferación de minicomputadores como sustitutos de los equipos convencionales en la gestión de las empresas, ha permitido y está permitiendo una nueva estrategia informática basada en la descentralización; los minicomputadores están mucho «más cerca» del usuario final de forma que éste, a la vez que se familiariza de una manera más efectiva con los equipos, los aplica a actividades que no hubiera ideado sin un conocimiento del minicomputador como el que proporciona la propia proximidad física.

Los microcomputadores, como su nombre indica, son sistemas de menor tamaño y precio que los minicomputadores y al igual que éstos han sido y son eficaces sustitutos de los computadores convencionales de gran tamaño. Los microcomputadores van desplazando progresivamente a los minis en un mercado en que cada vez la densidad de integración de los equipos es mayor y los precios son más bajos conservando una potencia y capacidad que antiguamente sólo estaban reservadas a los grandes computadores. Estas dos realidades, pequeño tamaño y bajo precio, son dos constantes que, junto con las de mayor fiabilidad, sencillez de manejo y rapidez de operación, han permitido que la proliferación de los microcomputadores en el mercado haya sido tal que su influencia social sea hoy indiscutible.

Como se ha expuesto en las líneas precedentes, los minicomputadores y los microcomputadores sólo difieren entre sí y respecto a los computadores convencionales en su tamaño y precio, así como en capacidad de almacenamiento y otras características técnicas derivadas de su mayor complejidad tecnológica. Los computadores personales son microcomputadores para uso personal, existiendo como es lógico, microcomputadores que no son para uso personal. Los periféricos son sistemas informáticos que posibilitan el

diálogo entre el computador, mini o micro, con el mundo exterior, o bien sirven para almacenar información y mantenerla en el exterior del computador hasta que ésta deba ser utilizada por el mismo.



La memoria de los microcomputadores es uno de los bloques funcionales más importantes, y su conexión a la unidad central y periféricos es el punto clave para entender su funcionamiento.

Es muy conveniente no confundir un microcomputador con un *periférico*, sin embargo sucede que por la arquitectura del hardware de éstos sea difícil diferenciarlos. Un teclado, un monitor de tubo de rayos catódicos, una impresora, una unidad de lectura y grabación magnética de disco flexible (floppy disk), son periféricos frecuentes de los microcomputadores, aunque a veces se integren dentro del mismo mueble y parezca que forman parte del microcomputador mismo.

Una vez aclarados estos tres conceptos fundamentales, mini, micro y periférico, es conveniente justificar el por qué de la estructura de los dos libros destinados al estudio de los microcomputadores y cuál es el objetivo que se pretende con ellos.

Abordar el tema de los microcomputadores podría hacerse desde una óptica descriptiva sin entrar en aspectos de arquitectura y funcionamiento internos.

Otro planteamiento, que se ha preferido a otros, consiste en tratar aspectos de funcionamiento generales de forma que de ellos se pueda inferir el conocimiento de estos sistemas, aunque en algún caso el rigor conceptual parece que aleja un tanto al lector de la realidad de estos sistemas. En todo caso, mediante ejemplos reales se pretende consolidar los conceptos fundamentales expuestos.

No hay que dejar de señalar que en los capítulos, destinados a periféricos y computadores personales, se aborda mayormente el aspecto descriptivo de aquellos equipos, de forma que estos dos capítulos resultan absolutamente indispensables para el adecuado entendimiento de estos sistemas. Antes de abordar de una forma concreta el funcionamiento de los microcomputadores, se tratarán fundamentos sobre la transferencia de información, así como aspectos relativos a la intercomunicación entre microprocesadores, cuya técnica posibilita la configuración de microcomputadores de aplicación frecuente.

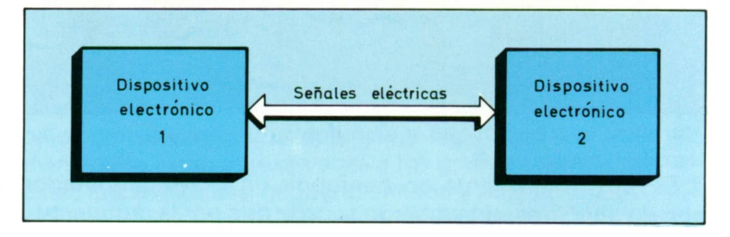


Figura 3. Representación esquemática de la transferencia de información entre dos dispositivos electrónicos.

En el siguiente libro se tratará la estructura de los microcomputadores desde los puntos de vista hardware y software, de forma que al finalizar ambos el lector se encuentre en disposición de enfrentarse al estudio funcional detallado de los microcomputadores.

¿QUE SE ENTIENDE POR TRANSFERENCIA DE INFORMACION?

Como es lógico imaginar, un sistema microcomputador

está formado por diversos dispositivos microelectrónicos lógicos (algunos de ellos programables) que debidamente interconectados realizan las funciones que el programa ordena, instrucción tras instrucción, manteniendo al finalizar aquellas un estado activo que le permite ejecutar sucesivamente otros programas o secuencias.

Resulta obvio según lo expuesto que los diferentes circuitos integrados interconectados deberán transferirse



Microcomputador (la unidad central está debajo de la mesa) con terminal a color, teclado e impresora, como periféricos separados.

señales eléctricas entre sí, de forma que a partir de ellas se modifiquen sus estados y realicen la función prevista en cada caso.

A la transferencia de señales eléctricas entre dispositivos electrónicos, si están debidamente codificadas y tienen un significado preestablecido y concreto, se la denomina transferencia de información.

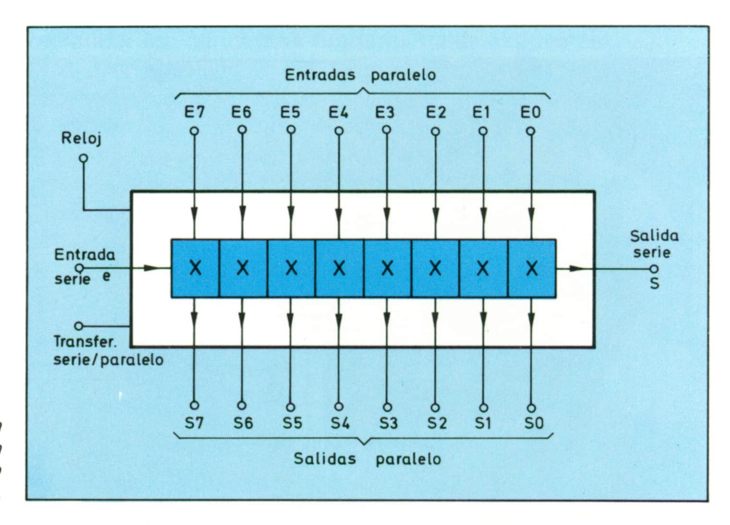


Figura 5. Diagrama esquemático de un registro serie/paralelo de 8 bits.

En los sistemas digitales las señales eléctricas presentarán únicamente dos niveles reconocibles, a cada uno de ellos se le adjudica un significado o interpretación lógica. Al nivel de tensión más alto se le denomina «1» lógico y al más bajo «0» lógico. Esta definición es válida en la llamada *lógica positiva*. No obstante en el caso de *lógica negativa* se adjudica el nivel lógico «1» al nivel más bajo de señal y el nivel lógico «0» al más alto.

En los sistemas analógicos las señales electrónicas varían de forma continua a lo largo del tiempo y alcanzan cualquier valor posible entre los dos niveles máximo y mínimo.

Entre los sistemas digitales es frecuente la necesidad de un estado de impedancia infinita o de desconexión para la correcta transmisión de información. Este estado es el denominado *tercer estado* mediante el cual se consigue

eliminar la influencia eléctrica entre los dos dispositivos interconectados, permitiendo de esta forma la evolución de uno de ellos sin modificar el estado del otro u otros.

Para explicar los procedimientos usados por los sistemas digitales para transferir información es preciso remitirse de nuevo a conceptos ya tratados en esta obra: el lector recordará que un registro es un dispositivo de almacenamiento temporal de información. La información transferida entre ellos lo es de los modos: *serie, paralelo* o combinado *serie-paralelo*.

Evidentemente, cuando la cantidad de información a transferir es grande, los registros no suelen tener la capacidad de almacenamiento suficiente para garantizar la transferencia, de forma que suelen utilizarse unidades de memoria mayores que garanticen la correcta transmisión. Entre microprocesadores o dispositivos digitales en general, los registros de entrada y/o salida son los encargados de asegurar la correcta transmisión, así pues vamos a referirnos a ellos para comprender la arquitectura hardware de los microcomputadores (figura 5).

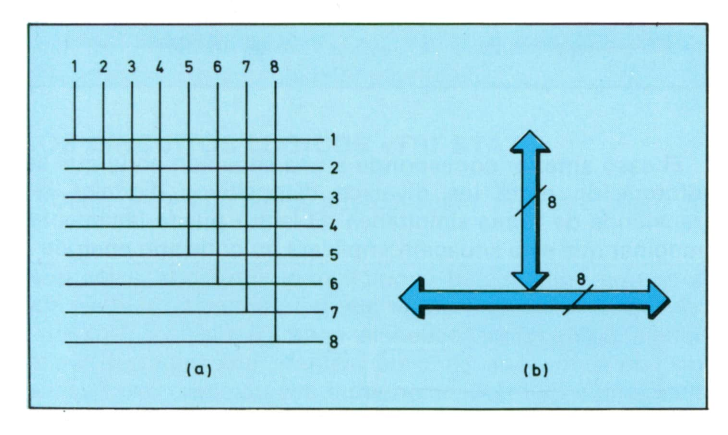


Figura 6. Equivalencia entre el esquema eléctrico real (a), y el esquema simplificado (b).

A causa de la complejidad de las interconexiones entre circuitos digitales, a nivel de esquemas y con el fin de simplificar su diseño y comprensión suelen utilizarse nomenclaturas sintetizadas que, sin perder el significado eléctrico y funcional, permiten mejorar la calidad del trabajo de proyectistas y técnicos (figura 6).

En los sistemas digitales complejos, del tipo de las *unidades centrales* de los microcomputadores, es muy frecuente que los dispositivos estén interconectados entre sí, de forma que cada uno de ellos esté conectado y se transfiera información con todos los demás. En el ejemplo de la figura 7 se aprecia esta situación para el caso de cuatro dispositivos.

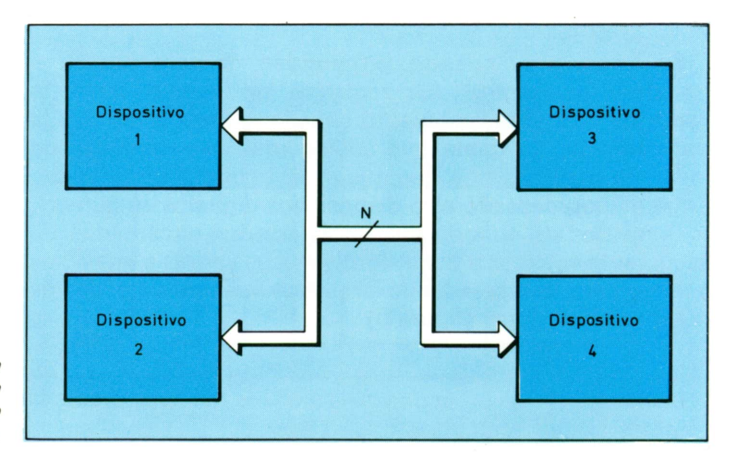


Figura 7. Representación esquemática de la interconexión entre cuatro dispositivos digitales.

El caso anterior corresponde a una situación en la que la información entre los diversos dispositivos digitales es transferida de forma simultánea. El lector puede fácilmente imaginar que esta situación implicará un consumo energético y una complejidad circuital muy superiores a las que corresponderían en caso de que la información pudiera ser transferida de forma secuencial entre los distintos dispositivos, de forma que en cada instante únicamente hubiera intercambio de información entre dos de ellos. Esta técnica es la de *multiplexado* y se representa esquemáticamente en la figura 8.

Evidentemente, cuanto mayor sea el número de dispositivos a interconectar el multiplexador será tanto más complejo, por lo que esta solución no será en general la óptima para facilitar la transferencia de información entre dispositivos digitales interconectados que configuren la estructura hardware de un microcomputador.

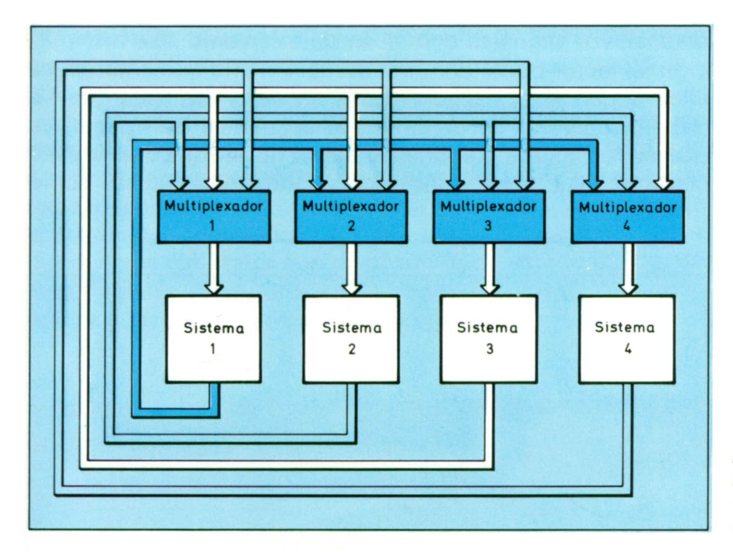


Figura 8. Transferencia de información entre diferentes sistemas a través de multiplexores.

En general se prefiere interconectar los registros de entrada/salida de todos los dispositivos formando lo que se denomina BUS de interconexión, a través del cual circula la información intercambiada entre ellos.

LOS CIRCUITOS LOGICOS «TRI-STATE»

Dado que en un bus se interconectan un gran número de

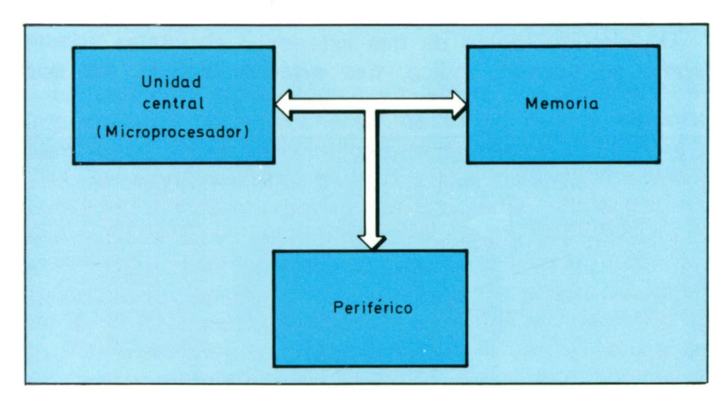
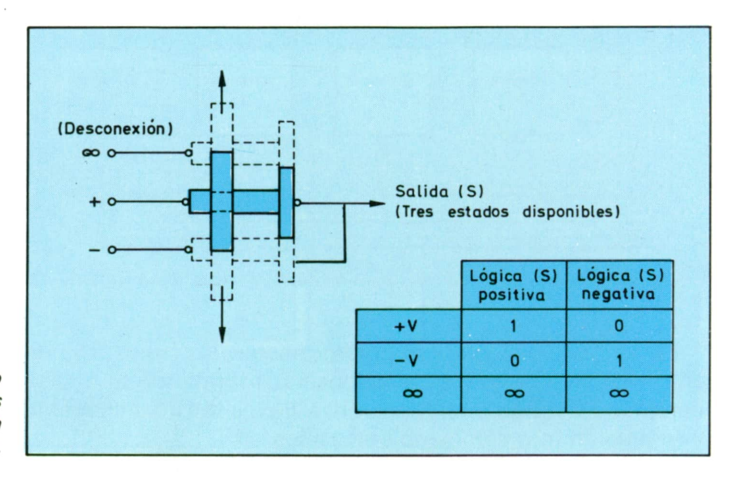


Figura 9. Diagrama esquemático de la interconexión entre los tres bloques funcionales de un microcomputador.

dispositivos digitales con el fin de intercambiarse información, el lector podrá comprender fácilmente que algunos de ellos deben estar especializados en aislar aquellos que no deben intervenir en determinada secuencia de trabajo, ya que es fácilmente comprensible que no todos pueden estar conectados a la vez, tanto por razones tecnológicas como funcionales.

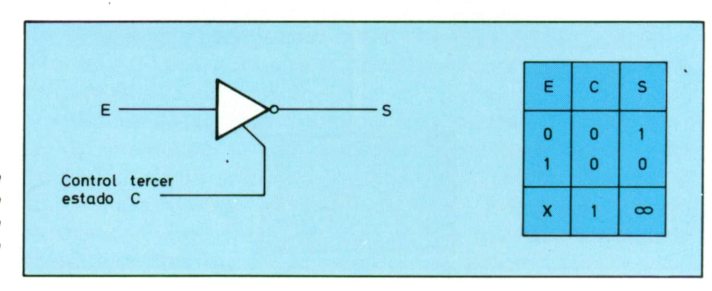


	Lógica (S) positiva	Lógica (S) negativa
+V	1	0
−V	0	1
∞	∞	∞

Figura 10. Significado físico de cada uno de los tres estados de un dispositivo «tri-state».

Estos dispositivos son los circuitos *tri-state* que, si bien ya han sido tratados con anterioridad, debido a su importancia funcional, van a ser estudiados con mayor profundidad en este apartado.

Un circuito lógico de tres estados o «tri-state» admite como su nombre indica, tres estados lógicos: los dos



E	C	S
0	0	1
1	0	0
X	1	∞

Figura 11. Esquema lógico de una puerta inversora «tri-state» con su correspondiente tabla de verdad.

correspondiente a «1» y «0» lógicos y uno de alta impedancia o desconexión, mediante el cual los dispositivos interconectados no ejercen ninguna influencia mutua (figura 10).

La representación esquemática de tal dispositivo se corresponde con la representación lógica normalizada a la que se añade una conexión de control del tercer estado, que trabaja, como el lector habrá ya adivinado, a modo de actuador del contacto de un relé ideal. Obviamente estos dispositivos «tri-state» son dispositivos de estado sólido, de forma que los interruptores son conmutadores de semiconductor y no electromecánicos (figura 11).

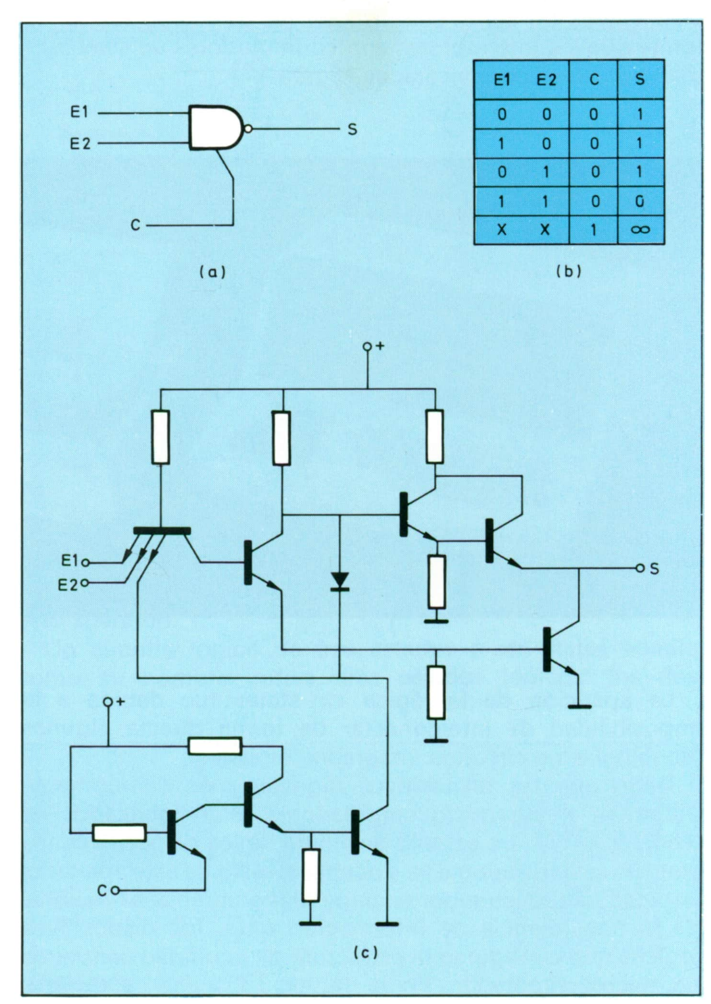


Hoy día se diseñan sistemas compatibles de computadores que pueden apoyar su trabajo en otras firmas; este es el caso de la impresora Epson asociada al microcomputador Casio.

La aparición de la lógica «tri-state» fue debida a la imposibilidad de interconectar de forma directa algunas tecnologías de circuitos integrados digitales.

Dado que los dispositivos digitales más comúnmente utilizados en los microcomputadores están fabricados en tecnología TTL, un estudio detallado de los dispositivos tri-state de esta tecnología va a ocupar el resto de este apartado, habida cuenta de su importancia para la comprensión funcional de la transferencia de información entre los dispositivos lógicos que configuran la estructura de la unidad central de un microcomputador. En la figura 13 puede apreciarse

una puerta NO-Y (NAND) de tres estados en la que se señala explícitamente la entrada de la señal de inhibición. Obsérvese que si el nivel de entrada de inhibición es un «0» lógico la puerta NAND se comporta como una puerta NAND convencional. No obstante, cuando el nivel lógico aplicado a la entrada de inhibición es un «1» lógico (en general mayor de 2 V) la impedancia entre la salida y la tensión de



E1	E2	C	S
0	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	0	0
X	X	1	∞

Figura 13. a) Esquema lógico de una puerta NAND tri-state; b) Tabla de verdad; c) Circuito correspondiente en la tecnología TTL.

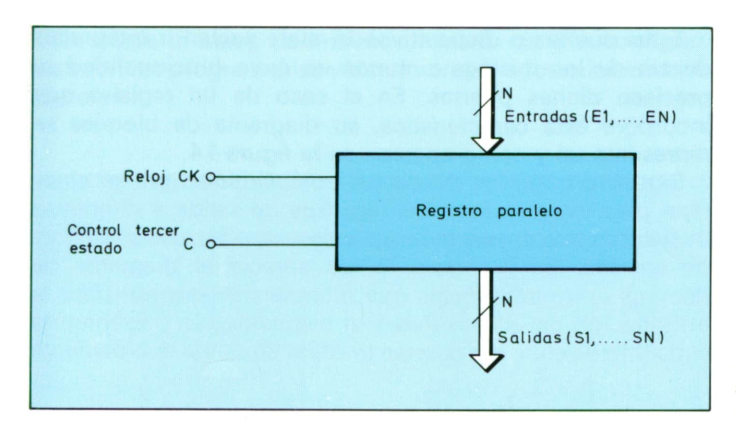


Figura 14. Diagrama de bloques de un registro paralelo con salida tri-state.

alimentación positiva es muy elevada (de varios megaohmios), produciéndose por ello este tercer estado de desconexión funcionalmente efectiva, que es el que da nombre a esta tecnología «tri-state».

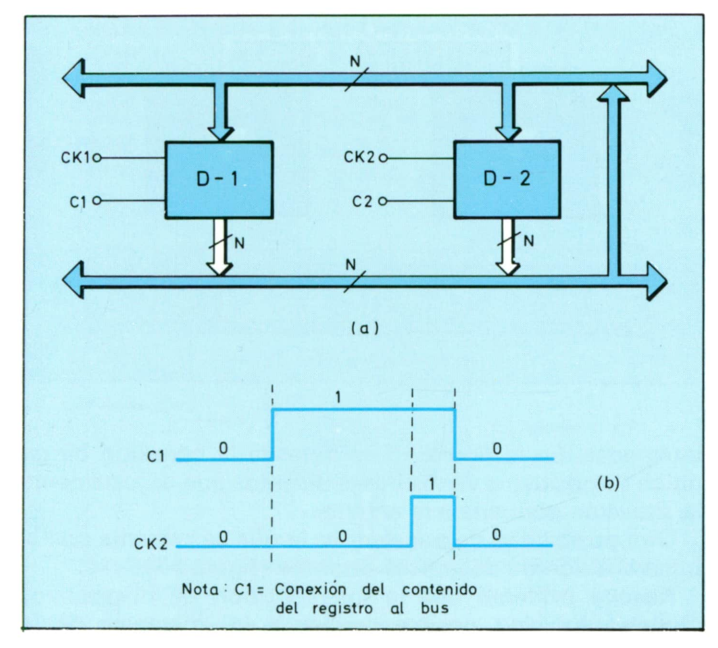


Figura 15. Intercambio de información entre dos dispositivos (registros) y diagrama de tiempos por el que la información de D_1 es transferida a D_2.

Estas puertas o dispositivos tri-state suelen ir integradas dentro de los mismos circuitos en cuya funcionalidad se precisen dichas puertas. En el caso de un registro que incorpore esta característica, su diagrama de bloques se representa tal y como aparece en la figura 14.

Siguiendo con las diferentes posibilidades que se plantean para interconectar los registros de salida a diferentes buses o a otros dispositivos a través de sus respectivos buses de entrada, en la figura 15 se aprecia el diagrama de tiempos entre las señales que intervienen para transferir la información del dispositivo 1 al dispositivo 2, presentando cada uno de ellos sus puertas tri-state de salida debidamente

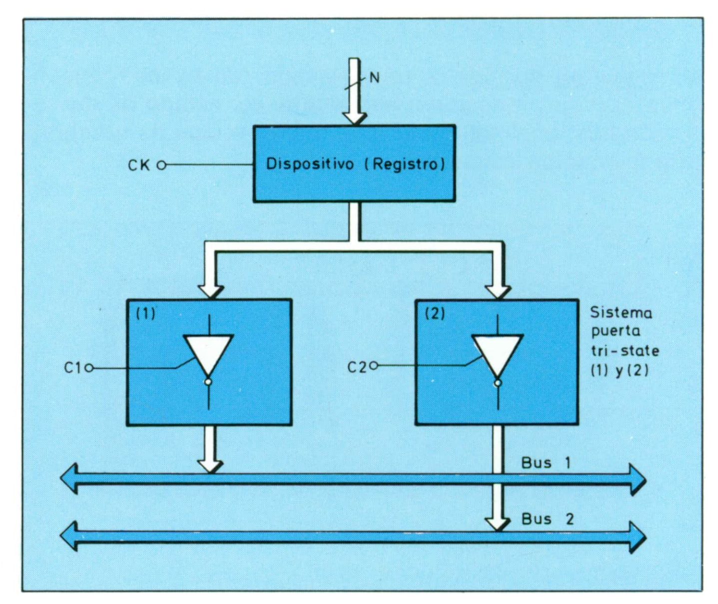


Figura 16. Conexión de un registro a dos buses distintos e independientes entre sí.

integradas. En la figura 16 se muestra la conexión de un único dispositivo a varios buses distintos que es justamente la situación contraria a la anterior.

Otra posibilidad de transferir es la que se presenta con la interconexión de dos buses distintos (figura 17).

Resulta evidente que la interconexión de dispositivos digitales ha sido posible gracias a la existencia de la

tecnología tri-state, permitiendo a partir de ella configurar estructuras programables y dando origen a los microcomputadores.

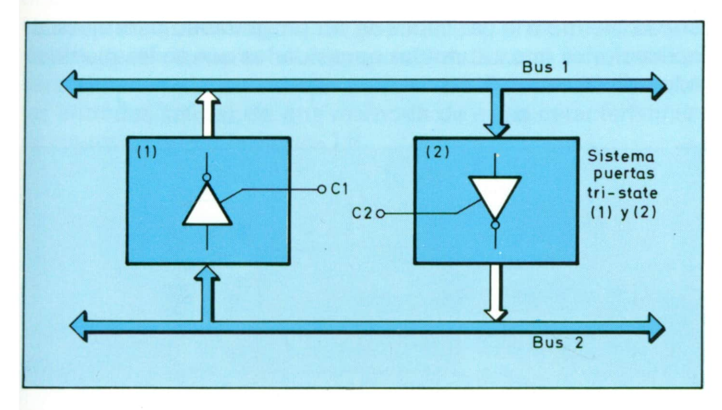


Figura 17. Conexión entre dos buses distintos: la información del bus 1 es transferida al bus 2 por (2) y el contenido del bus 2 es transferido al bus 1 a través de (1).

TRANSFERENCIA DE INFORMACION ENTRE MICROPROCESADOR Y MEMORIA

Como ya se ha señalado a lo largo de los anteriores capítulos, un microcomputador es un computador de pequeño tamaño y bajo precio con unas características

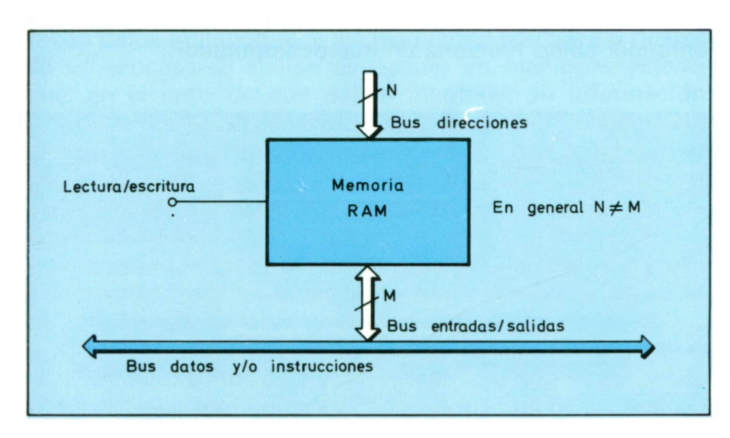


Figura 18. Diagrama esquemático de los terminales que intervienen en la transferencia de información de una memoria pasiva.

adecuadas para ser sustituto efectivo en muchas necesidades de los computadores convencionales.

El microcomputador resulta desde el punto de vista hardware de la interconexión de diversos dispositivos electrónicos realizando unas funciones programadas concretas, siendo a la vez capaz de ser programado para ejecutar aplicaciones que cubran las necesidades que se les plantean a los diversos usuarios.

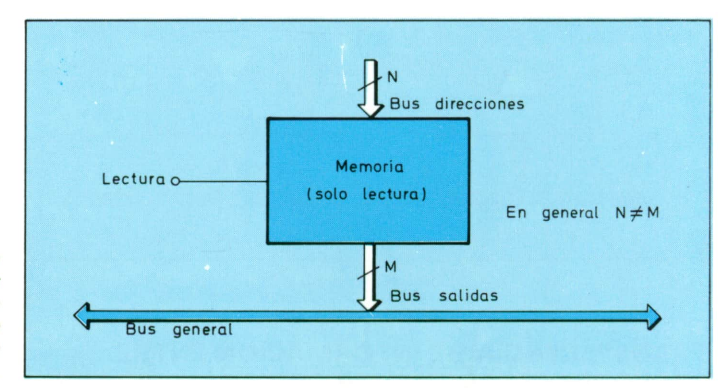


Figura 19. Diagrama esquemático de los terminales que intervienen en la transferencia de información de una memoria RAM.

A partir de este punto se va a estudiar la problemática de interconexión de los dispositivos electrónicos fundamentales que configuran un microcomputador.

Obviamente, la interconexión entre los microprocesadores y la memoria externa es un tema de capital importancia para entender cómo funciona un microcomputador.

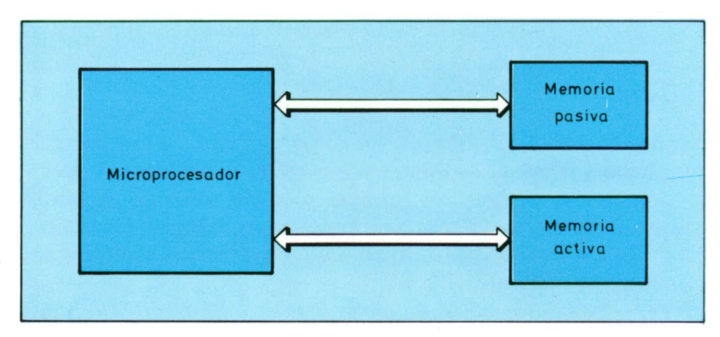


Figura 20. Las memorias pasiva y activa se relacionan con el microprocesador de forma independiente.

Existen diferentes formas de interconectar los microprocesadores a la memoria, dando origen cada una de ellas a microcomputadores estructural y funcionalmente distintos.

Las memorias de acceso aleatorio se usan para memorizar determinadas instrucciones y datos. Puesto que las instrucciones deben permanecer sin borrarse aun en el caso de que dejara de alimentarse el microcomputador, tal información será almacenada en memorias pasivas. Esquemáticamente las entradas/salidas de una memoria de estas características se representan en la figura 18.



Computador de IBM dedicado a la gestión empresarial. Estos computadores pueden estar asociados a otro computador de mayor capacidad que controla los pequeños computadores.

Los datos intermedios y los resultados parciales o finales de un proceso se suelen almacenar en memorias activas que, en el caso de que deban mantener su información incluso en ausencia de tensión de alimentación, deberán ser provistas de una batería recargable externa. Las señales «a» y «de» en una memoria de estas características circularán por los buses y conexiones señalados esquemáticamente en la figura 19.

Evidenciados los dos tipos de memoria que se utilizan en los microcomputadores, las estructuras distintas que a partir de ellas se pueden configurar son dos:

— Conexiones de cada uno de los tipos de memoria al microprocesador de forma independiente, como puede apreciarse en la figura 20.

— Conexión única entre el microprocesador y los dos tipos de memoria, según se muestra en la figura 22.

Evidentemente la segunda situación disminuye el número de conexiones eléctricas necesarias para efectuar la transferencia de información correspondiente, por esta razón es la situación más frecuente en los microcomputadores comercializados actualmente.

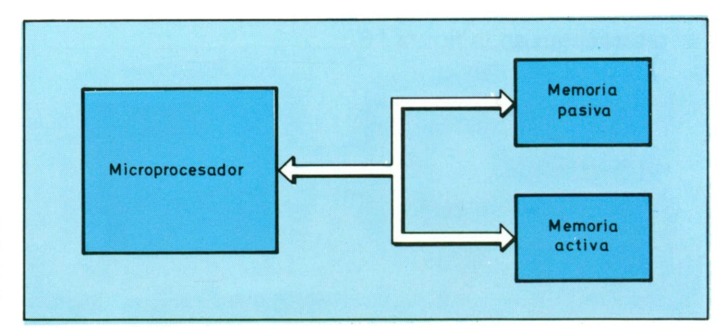


Figura 22. En este supuesto, las memorias activa y pasiva presentan una conexión común con el microprocesador.

Dentro de esta segunda familia existen otras diversas combinaciones dignas de estudio, ya que son utilizadas por distintos microprocesadores:

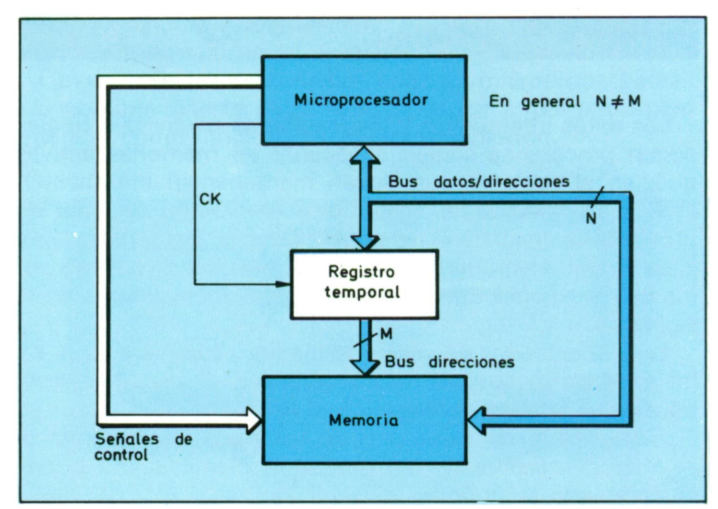


Figura 23. Configuración de bus único para datos y direcciones con un registro temporal externo.

— Caso de bus único para direcciones y para datos.
— Caso de bus único para datos y señales de control.

La tercera situación que podría darse, que es la de un bus único para direcciones y señales de control, no se cita de forma explícita ya que no ha sido utilizada por ningún microprocesador, por lo que su estudio carece de interés práctico.

Volviendo a la situación de un único bus para datos y direcciones, una de las más comúnmente usadas en los microcomputadores, convendrá señalar que en una operación de escritura en la que las señales de dirección y dato deben estar presentes simultáneamente en el microprocesador, una de ellas deberá almacenarse temporalmente fuera



Computador personal de Hewlett Packard que puede destinarse a multitud de aplicaciones. Una de ellas es la representada en la figura: el diseño mediante trazadores.

de la memoria. Comúnmente, este almacenamiento se efectúa en el propio micropocesador, ya sea en el registro de instrucciones si es una instrucción o en cualquiera de los registros auxiliares si se trata de un dato. Para almacenar temporalmente la dirección, suele disponerse externamente al microprocesador un registro específico para esta función: el *registro de direcciones.* (Ver figura 23 en la que se aprecia esquemáticamente la estructura que produce este modo de funcionamiento).

En el caso de un único bus para datos y señales de control

ocurre que, como en el caso anterior, es preciso que estas señales aparezcan en los terminales correspondientes de la memoria en el mismo tiempo. También por ello es preciso un almacenamiento temporal externo a la memoria. Los datos se podrán memorizar de la misma forma que se señaló anteriormente, esto es, datos en los registros utilizados al efecto dentro del microprocesador. Sin embargo las señales de control suelen almacenarse en registros externos. En la figura 25 se ilustra esta disposición.

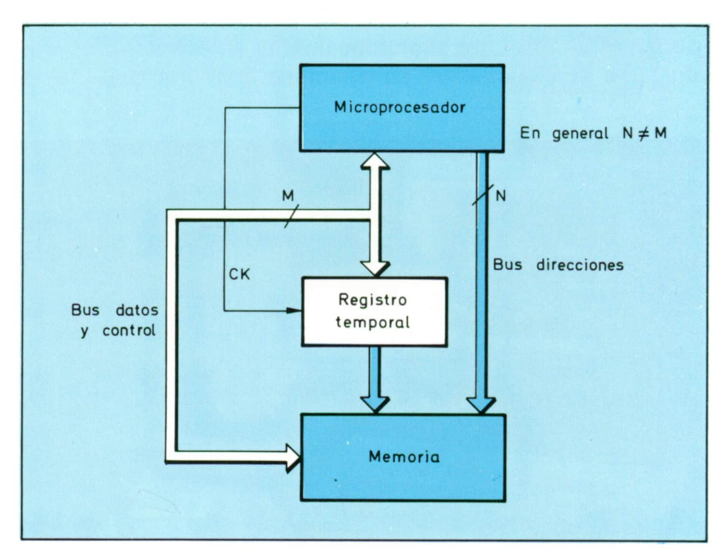


Figura 25. Configuración de bus único para datos y señales de control, con registro temporal externo.

Algunos microprocesadores utilizan un sistema mixto en el que los bits más significativos de la dirección de memoria correspondiente comparten conexiones comunes con los datos. Una estructura mixta semejante se aprecia en la figura 26.

TRANSMISION Y RECEPCION DE INFORMACION ENTRE CIRCUITOS O SISTEMAS DIGITALES

Siguiendo con la problemática de intercomunicación de los circuitos integrados que configuran un microcomputador,

una vez analizadas las distintas posibilidades de interconexión que se ofrecen entre microprocesador y memoria, hay que abordar bajo la misma óptica la problemática de intercomunicación entre circuitos o sistemas digitales, ya que es ésta la situación que se presenta en el hardware de los microcomputadores.

Los circuitos integrados (o sistemas, más generalmente) podrán ser identificados como circuitos digitales, cualesquiera que sean propios de la CPU del microcomputador o circuitos (o sistemas) periféricos.

Obviamente el problema de la interconexión de las CPU de los microcomputadores con las unidades periféricas

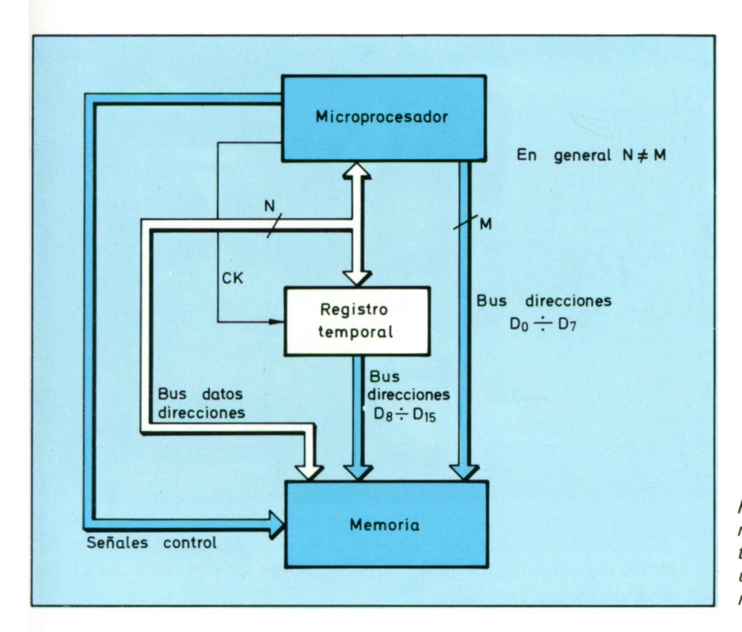


Figura 26. Configuración mixta con registro temporal externo entre la unidad de memoria y el microprocesador.

(consideradas en este apartado como sistemas digitales periféricos) es uno de los aspectos más importantes para comprender correctamente lo que es un microcomputador. Como el lector conoce ya, la CPU únicamente es inútil desde el punto de vista de que no permite al hombre acceder a ella. Este acceso, ya sea de entrada o salida, «a» y «de» la información es la función de la que se ocupan los sistemas

periféricos. Otras funciones, como la de almacenamiento de información entre ellas, son también propias de estos dispositivos.

Antes de abordar el estudio de la transferencia de información entre sistemas digitales es necesario continuar revisando algunos aspectos básicos.



Computador de tamaño mediano para oficina, que permite que cuatro usuarios puedan trabajar simultáneamente en operaciones distintas. (Cortesía: Philips).

Como es sabido, los sistemas digitales se pueden clasificar en dos grandes familias:

— Sistemas digitales combinacionales: las variables de salida son función de las variables de entrada e independientes de los valores de las salidas.

— Sistemas digitales secuenciales: las variables de salida son función de las variables de entrada y de las variables de salida. Dentro de esta gran familia, el lector recordará los sistemas síncronos y los asíncronos, según que su evolución esté o no sincronizada respectivamente con las señales de base de un generador.

Es de destacar que todos estos conceptos son extrapolables a los sistemas periféricos, es más, existen periféricos que equipando microprocesadores tienen, aunque limitada, determinada capacidad para procesar información y constituyen por ello verdaderos terminales inteligentes. En este sentido tiene una mayor justificación el planteamiento que se sigue en el estudio de la problemática de transferencia de información entre sistemas digitales.

Aunque existen sistemas digitales asíncronos aplicados a los microcomputadores, ya sean internos a la CPU o periféricos, la práctica totalidad de dispositivos son síncronos y es a esta familia de sistemas a la que se le va a dar un mayor énfasis en el tratamiento que sigue.

Los sistemas digitales síncronos que en general son capaces de procesar información, suelen procesar palabras de una determinada longitud, de forma que ejecutan cada una de las microinstrucciones de una forma sincronizada respecto al generador responsable de «marcar el ritmo» del trabajo del sistema. Ocurre que muchas de las veces los microcomputadores equipan más de un microprocesador de forma que éstos comparten la tarea, con lo que se presenta una nueva problemática sobre la forma de realizar la transferencia de información entre ellos y cómo controlar esta transferencia cuando las bases de tiempo de los generadores de la frecuencia de sincronismo son distintas.

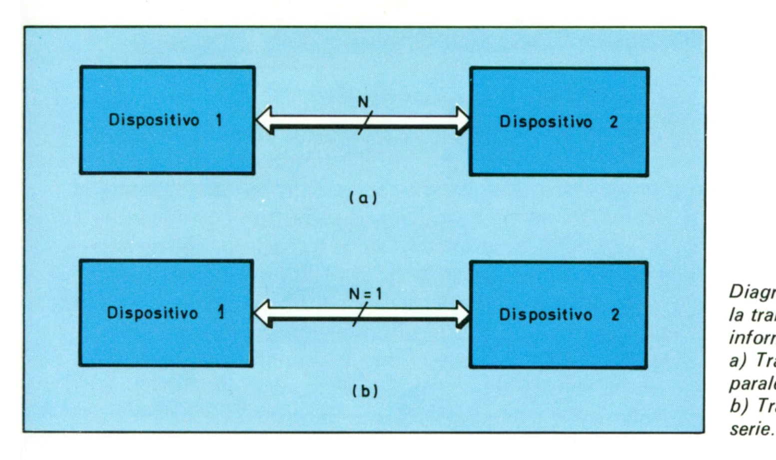


Diagrama esquemático de la transferencia de información;
a) Transferencia en modo paralelo (N bits);
b) Transferencia en modo serie.

De forma sintetizada (cada uno de estos puntos es tratado a continuación con mayor profundidad) estos dos problemas presentan diversas posibilidades para ser resueltos.



Conjunto de computador, serie 5 de Secoinsa. Esta relación incluye también una impresora preparada para trabajar con formato amplio.

En cuanto a la forma en que estas transferencias pueden llevarse a cabo, siempre considerando el caso de sistemas digitales síncronos, existen los dos métodos siguientes:

— En modo paralelo: un bus, con tantos conductores como bits tienen las palabras que se transfieren de un sistema al otro, es el que se encarga de sostener dicha transmisión.
— En modo serie: el bus tiene un único conductor a través del cual se transfieren uno tras otro los bits de las palabras transmitidas. Es obvio que la transferencia serie es para una misma frecuencia de sincronismo más lenta que la transmisión paralelo, ya que en aquella envía por la línea bit a bit y esta última transmite simultáneamente en un mismo impulso de sincronismo toda la longitud de la palabra.

Esta aparente inconveniencia resulta en los casos de transferencia de información a gran distancia (caso de telemando o telecontrol de proceso) decisiva para poder llevar a cabo de una forma práctica conexiones a través de un solo hilo, con el consiguiente abaratamiento de coste e inconvenientes de instalación.

Obviamente, la transferencia de información entre los sistemas digitales que se tratan puede ser síncrona o asíncrona (siempre en el caso de sistemas digitales síncronos) según que las señales de control sean o no independientes de la información misma. La transmisión síncrona o asíncrona puede darse en cualquiera de los dos modos posibles: serie o paralelo, aunque la forma de transmisión asíncrona es más frecuente en el caso de la transferencia de información en modo serie por razones que resultan obvias.



Computador de Epson que puede emplearse para proceso de datos, ofimática, gráficos, telecomunicaciones, etc.

TRANSMISION Y RECEPCION EN MODO PARALELO

Para tratar este modo, el más comúnmente utilizado en la transferencia de información dentro de y entre microcomputadores, convendrá referirse a una situación hipotética que servirá para ilustrar la explicación de los conceptos expuestos.

La idea de transmisión en paralelo ha sido ya tratada someramente y, al menos a nivel conceptual, es bien conocida por el lector.

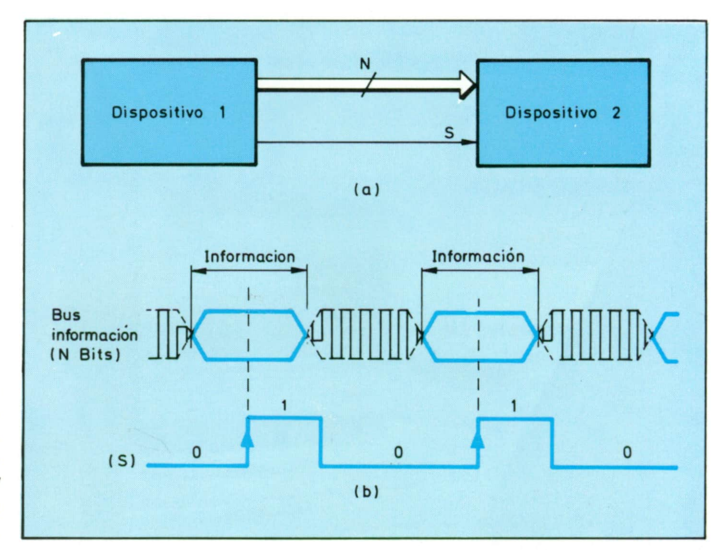


Figura 31. a) Transferencia de información en paralelo con señal de sincronismo; en b) puede apreciarse el diagrama de tiempos de dicha transferencia.

La situación más próxima a la real se plantea cuando se pretende transferir una información de N bits y una señal de sincronismo que sirve para indicar al sistema receptor que se le ha enviado dicha información. Imagine el lector que para la transferencia de una señal determinada cuenta con un cable de N hilos conductores (uno para cada bit) y otro soporte conductor para la señal de sincronismo S (ver figura 31.

El diagrama de tiempos del envío de la información y la señal de sincronismo se incluyen también en la figura 31.

Suponiendo que el flanco activo de la señal de sincronización es el de subida, a través de la referida figura se comprueba que la señal de sincronismo debe aparecer un determinado período de tiempo después de que la información parezca estable en los conductores de transmisión. Con esta precaución se evita la transmisión de informacion incorrecta y se garantiza a la vez la correcta recepción de la misma. Supóngase que durante un tiempo determinado el receptor debe procesar la información recibida, la señal de sincronismo ha de ser tal que asegure que el receptor estará disponible para recibir correctamente la información. Por ello únicamente un período más largo de la señal de sincronismo garantizará el correcto desarrollo de la transferencia de información.



Método de MME Measurement Systems, destinado a explorar mediante un computador, y en un corto espacio de tiempo, los componentes que forman las tarjetas de circuito impreso. Este sistema compara los datos de la tarjeta bajo prueba, con los establecidos en la memoria por una tarjeta patrón.

Esta premisa de que la base de tiempo de la señal de sincronismo debe ser más larga que el período de tiempo que precisa el receptor para admitir la información recibida con anterioridad y estar en disposición de recibir información nueva, no puede cumplirse siempre de forma sencilla ya que hay situaciones en las que dependiendo de la información recibida, el receptor tarda más tiempo en «asimilar» que

en otros casos. En este tipo de situaciones, ante la variabilidad de dicho tiempo, se deben tomar seguridades de forma que el período de la base de tiempo sea mayor que el máximo tiempo que tarde el receptor en estar disponible para aceptar más información de nuevo. Evidentemente esta solución, aunque conceptualmente correcta, significaría una considerable pérdida de velocidad de transferencia de información, consumiendo tiempo inútilmente.

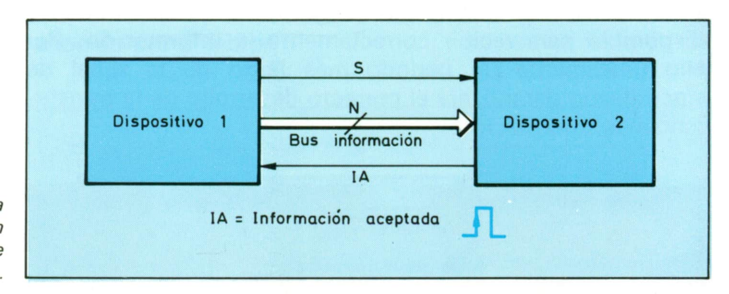


Figura 33. Transferencia de información en paralelo optimizada entre dos dispositivos.

Con el fin de obviar este inconveniente, se usa frecuentemente una configuración del tipo de la mostrada en la figura 33, mediante la cual el receptor, una vez ha recibido la información que le ha sido transferida, envía al emisor una señal de aviso de que dicha información ha sido aceptada, por lo que el emisor no podrá proceder de nuevo a remitir

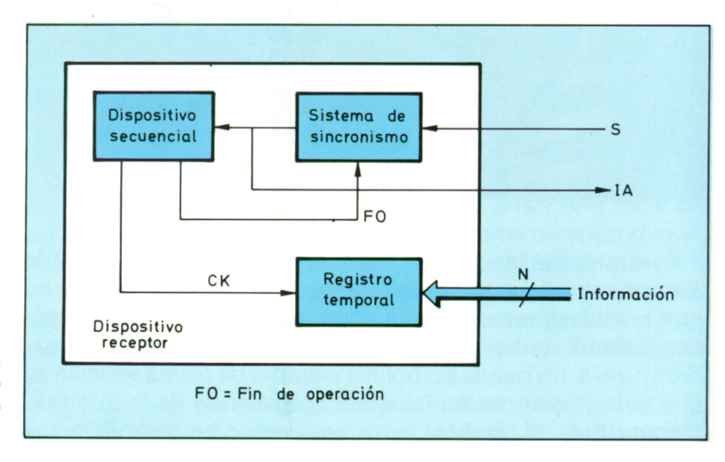


Figura 34. Arquitectura interna del receptor de transferencia de información en paralelo.

información hasta que el receptor no la haya asimilado, permaneciendo en un estado lógico tal que inhibe la transmisión de información, sea cual sea la situación de ambos dispositivos.



La edición moderna de textos está basada en gran medida sobre las posibilidades que permiten los computadores al poder justificar márgenes, distribuir figuras y almacenar una gran cantidad de información, ya distribuida en páginas, que puede verse en pantalla.

La configuración de un dispositivo síncrono digital capaz de entender una señal que le anuncia que se le envía información y de emitir otra que indique que tal información ha sido aceptada se representa en la figura 34.

En ella puede apreciarse un sistema de sincronismo que mantiene inhibido al dispositivo secuencial en tanto no se recibe la señal de envío de información. A partir del instante en que se recibe esta señal el dispositivo procesa la información recibida y, una vez finalizado dicho procesamiento, genera una orden indicadora de que tal operación se ha realizado y vuelve, a través de la señal proporcionada por el sistema de sincronismo, a inhibirse el sistema secuencial, repitiéndose la situación anterior. Habida cuenta de que el emisor no suele mantener la información todo el tiempo durante el que se procesa la misma en el receptor, éste suele equipar un registro paralelo de longitud igual a la de la infomación recibida (N bits).

En la figura 36 se aprecia el diagrama de tiempo de este proceso. Es muy importante comprobar el orden temporal de cada una de las señales para comprender correctamente este mecanismo.

Resulta obvio pensar que la configuración interna del sistema digital síncrono que se ha estudiado como dispositivo receptor de información, es idéntica en el caso de que un dispositivo actúe como emisor, con las salvedades funcionales lógicas que dicha estructura conlleva por el hecho de emitir información en lugar de recibirla. Con el fin de adoptar convenientemente la conexionabilidad de dos sistemas síncronos digitales que sean capaces de emitir y recibir información, se usan unos dispositivos de acoplamiento que son los responsables de tal misión.

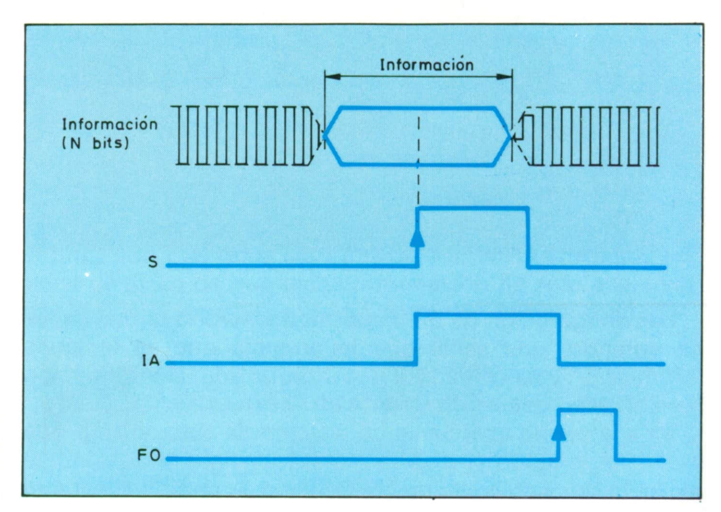


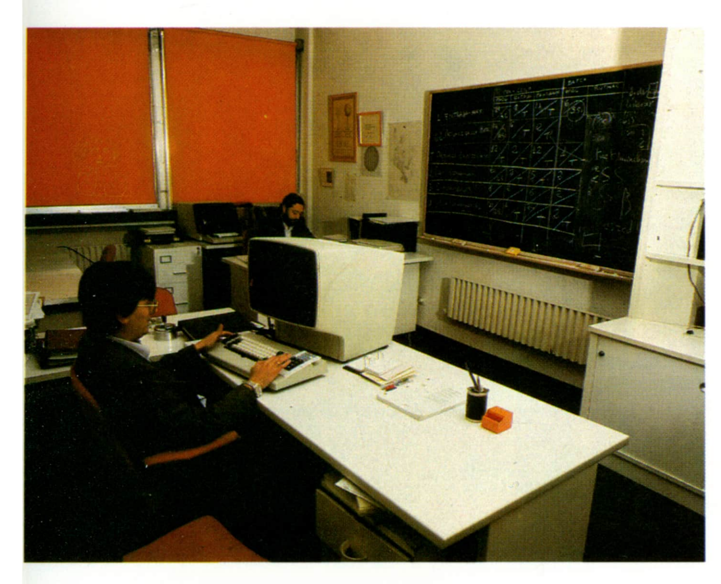
Figura 36. Diagrama de tiempos de las señales de transferencia de información en paralelo.

Es evidente que sólo el correcto conocimiento de las técnicas y dispositivos de acoplamiento entre sistemas digitales permite comprender el funcionamiento de estructuras de microcomputador más complejas. Desde el punto de vista de la transmisión de información en modo paralelo se han elaborado en este apartado los fundamentos de las estructuras de interconexión, que permiten una correcta transferencia de información entre sistemas digitales se-

cuenciales los cuales, como se señaló, son los de aplicación más frecuente en la configuración de los microcomputadores.

TRANSMISION Y RECEPCION EN MODO SERIE

Tal como se ha referido en el apartado anterior, la transmisión paralelo debe ser soportada por un sistema complejo de conductores, de forma de que cada uno de los



Microcomputador para aplicaciones científicas y de enseñanza. (Cortesía: Centro de Investigación IBM-UAM en Madrid).

bits que configura la información que se transfiere debe de hacerse pasar por un hilo distinto. Esta restricción presenta un grave inconveniente operativo en el caso de que pretenda transferirse la información a considerable distancia, por lo que este procedimiento se usa con preferencia en aquellos casos en que los dispositivos que se interconectan están relativamente próximos, como en el caso de los dispositivos internos de un microcomputador. En algunos casos es preferible, no obstante, la transferencia de información de modo serie, esto es bit a bit, uno detrás del otro, sobre todo

este procedimiento es el preferido en el caso de que los dispositivos a interconectar se encuentren separados algo más de algunos metros.

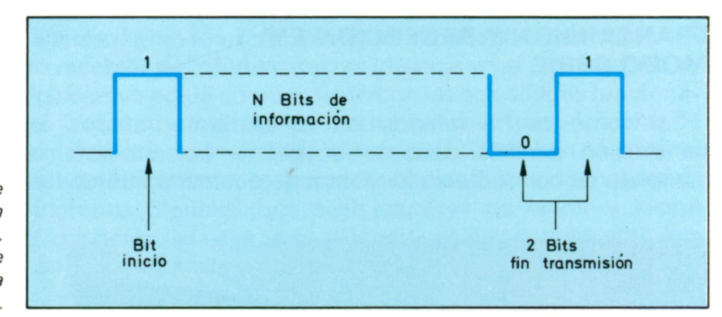


Figura 38. Diagrama de tiempo de la transmisión serie asíncrona, representando el bit de inicio y el de final de la transmisión.

Aunque es evidente, como ya se dijo, que el modo de transmisión serie es más lento que el modo de transmisión paralelo, la calidad y la seguridad de la transmisión en el caso de distancias apreciables es sustancialmente mejor en el primero que en el segundo caso.

En el modo de transmisión serie, la información que se

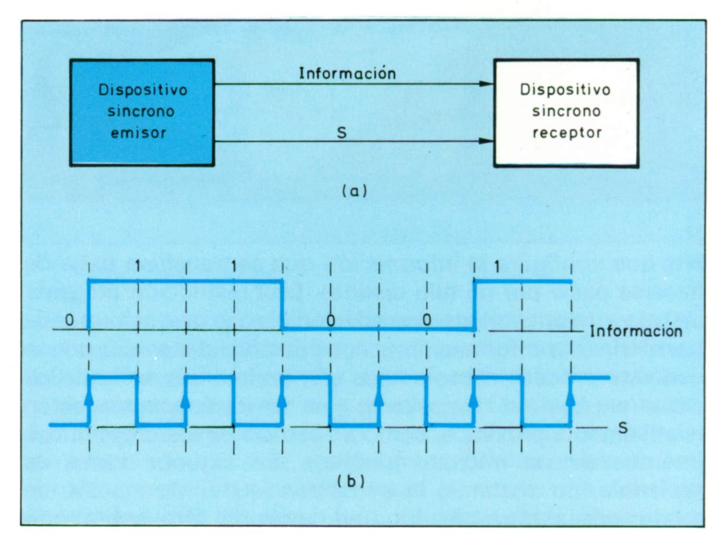
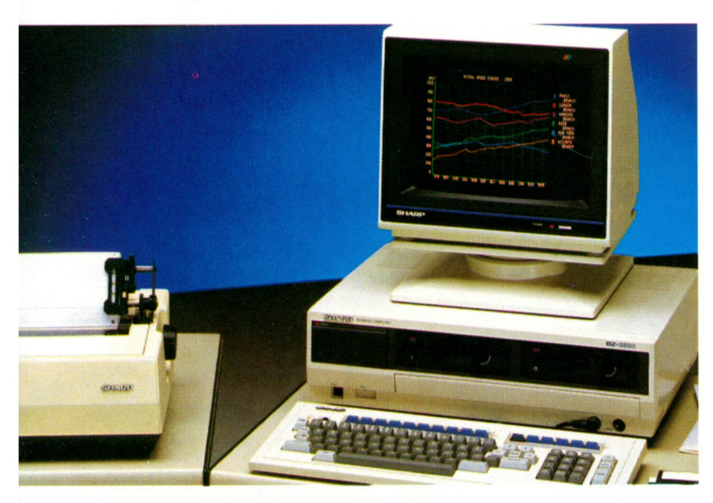


Figura 39. Transferencia de información serie asíncrona entre el emisor y el receptor.

transmite lo es bit a bit, existiendo entre cada uno de ellos un determinado intervalo de tiempo que tiene como misión diferenciarlos y evitar que la información procesada resulte errónea.

Está claro que para que esto pueda realizarse según se indica, el dispositivo receptor debe conocer la duración de los bits que configuran tal información así como el instante en que se inicia la transmisión y cuál es el número de bits que configuran una información completa, de forma que sean perfectamente distinguibles cada una de las unidades de información transferidas.



Microcomputador de la firma Sharp destinado para múltiples aplicaciones, especialmente apto en ventas, ofimática, elaboración de gráficos y programas, etc., que se pueden recoger en la impresora.

Es conveniente resaltar que, con estas dos informaciones, el sistema de control de la transferencia de información será capaz de llevar a cabo su función, bastándole para ello poder detectar la transición entre la secuencia de bits de una unidad de información y cuál es el primer bit.

Al igual que en el modo de transmisión paralelo, la transferencia de información en modo serie puede llevarse a cabo de modo asíncrono o de modo síncrono. (No confundir el modo de transferir la información con la naturaleza síncrona de los dispositivos emisor y receptor que se están tratando a lo largo de todos estos libros.

En la transmisión asíncrona todo el intercambio de

información, incluidas las señales de control, se llevan a cabo a través de un único hilo.

El diagrama de tiempos de una tal transferencia se muestra en la figura 38, en la cual puede apreciarse que existe un bit de inicio de la transmisión y dos de fin de transmisión, estando la información transmitida entre el primero y estos dos últimos. Las señales de control de inicio y fin de transmisión se denominan también mediante su acepción anglosajona, esto es: *start* para el inicio de la infomación y *stop* para el final de la transmisión.

En la transmisión de modo síncrono los sistemas interconectados se transfieren la información y las señales de control por hilos distintos, uno para cada una de las categorías. En el conductor en el que se transfiere la unidad de información también se hace pasar la señal de inicio de la transferencia.

En el otro conductor, como se ha dicho, se recogen las señales de control, en particular los instantes de transición entre un bit y otro constituidos por los propios impulsos de sincronismo.

La estructura extractada de este tipo de conexión se representa en la figura 39. En la misma se muestra el diagrama de tiempos de este modo de transmisión.

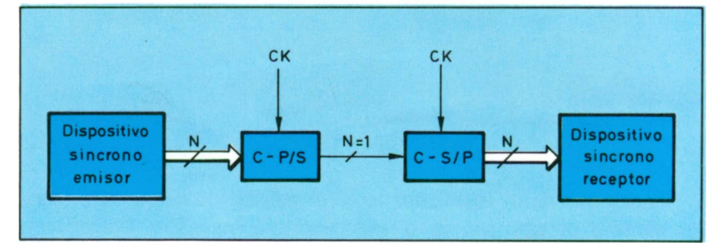


Figura 41. Transferencia de información paralelo/serie/paralelo, combinando la sucesión de ambas posibilidades.

Tal y como se procedió en el estudio de la transmisión de información en modo paralelo, en el modo serie se van a mostrar las configuraciones que permiten llevar a cabo tales modos de transmisión serie, ya sean síncronos o asíncronos.

Como se señaló al estudiar la transmisión paralelo, ésta es la preferida por los dispositivos digitales para procesar la información; es por ello que para entrar en un análisis más profundo de los circuitos que siguen este modo es necesario

aclarar que, a continuación del dispositivo síncrono emisor y antes del dispositivo síncrono receptor, deben equiparse sendos circuitos de conversión de paralelo a serie y de serie a paralelo respectivamente (en la figura 41 se ilustra gráficamente este concepto).

En el hardware de los microcomputadores se pueden apreciar circuitos integrados de alta escala de integración (LSI) que están especializados en estas funciones.

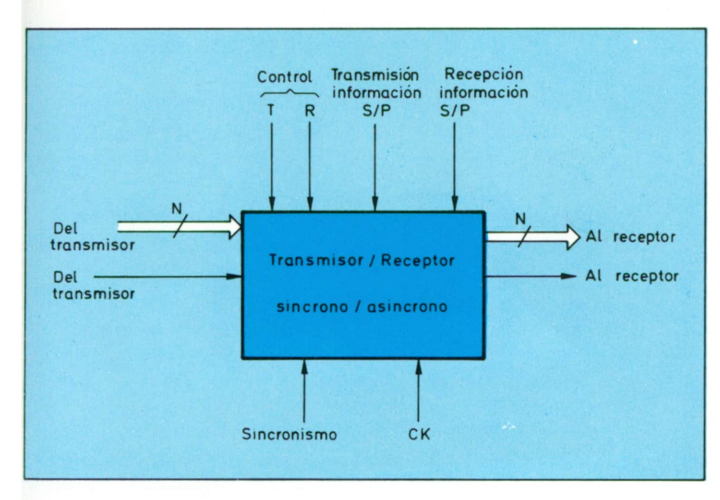


Figura 42. Diagrama esquemático de un dispositivo transmisor-receptor, síncrono-asíncrono, serie-paralelo.

En el caso de que los dispositivos sean capaces de enviar y recibir información, como ocurre la mayoría de las veces, existen circuitos integrados especializado (LSI) receptores-transmisores asíncronos, denominados UART. Existen también receptores-transmisores síncronos cuya misión y principio son idénticos a los síncronos, con la salvedad de que reciben a través de una de sus entradas la señal de sincronismo correspondiente.

Más recientemente estos dos dispositivos se han integrado en un solo circuito integrado muy usado al configurar los microcomputadores, de forma que las funciones de recepción-transmisión síncrona y asíncrona se pueden llevar a cabo de forma simultánea.

Estos dispositivos tienen, esquemáticamente, el diagrama de bloques que se muestra en la figura 42. La selección

del modo de operación se lleva a cabo a través de las señales de control apropiadas. A estos tipos de circuitos, dado que permiten el acoplamiento directo a varios tipos de microprocesadores, se les suele denominar *unidades de interface para comunicaciones programables*, o bien en su denominación original inglesa: *programmable communication interface.*



Un modelo de microcomputador personal de Toshiba. Este equipo es compatible con el IBM-PC y está estructurado alrededor del microprocesador 8088 y el sistema operativo MS DOS. Incorpora dos unidades de diskettes con una RAM capaz de llegar hasta 640 k y una ROM de 8 k.

Cuando la distancia de los dispositivos entre los que se pretende transferir información es muy grande, suelen transmitirse las informaciones modulando la señal de la frecuencia portadora que se decida. Esta función se realiza a través de una misma línea mediante un dispositivo especial que modula la información que se transmite y demodula la que se recibe. Debido a la doble función de estos dispositivos se les denomina MODEM.

Son muy frecuentes los MODEM utilizados para modular y demodular información que es transferida a través de la línea telefónica.

TRANSFERENCIA DE INFORMACION ENTRE MICROPROCESADORES

En lo que se refiere a la transferencia de información entre dos microprocesadores, uno actuando como emisor y otro como receptor y en sus distintos modos, los principios tratados al estudiar los modos de transmisión pueden aplicarse directamente sin más que sustituir el concepto de dispositivo digital síncrono por el de microprocesador en concreto que se pretenda adaptar. De esta forma, la primera situación posible referida a transferencia de información entre microprocesadores ya ha estado planteada.

El problema más frecuentemente planteado tanto en un solo computador como entre varios de ellos es el de interconectar la CPU con sus periféricos. Aunque este tema va a ser tratado con detalle en los próximos libros, es conveniente introducir la problemática a través de una situación que se plantee usualmente en los microcomputadores (figura 44).

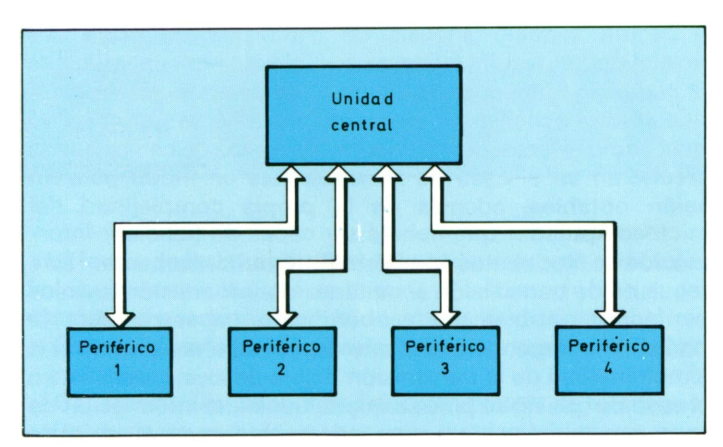


Figura 44. Conexión independiente entre la unidad central y varios periféricos asociados con la misma.

En esta figura se presenta la situación en la que la CPU se interconecta independientemente con cada uno de los periféricos.

Otra situación distinta es la que se presenta cuando los periféricos se interconectan al microcomputador a través de

una conexión común. Esta posibilidad se ilustra en la figura 45, en la que puede apreciarse la diferencia respecto al sistema de conexiones independientes.

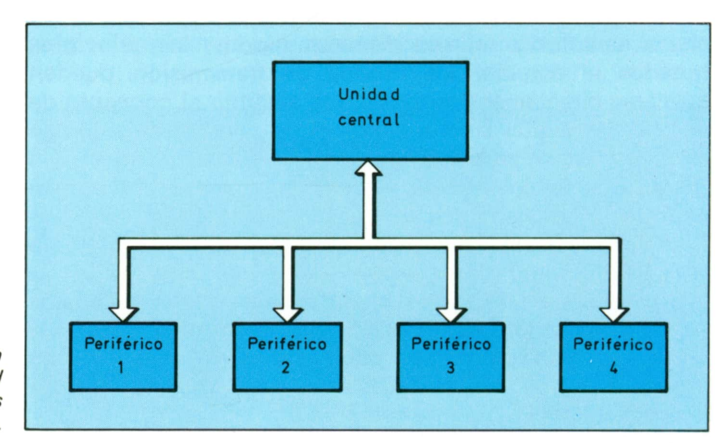


Figura 45. Conexión común entre la unidad central y varios periféricos asociados a ésta.

De un sencillo análisis de cada una de estas dos posibilidades, resulta evidente que, si bien conceptualmente la conexión independiente entre microcomputador y periférico resulta sencilla, su ejecución práctica es compleja ya que, como el lector comprenderá, los mazos de cables que se precisarán en el caso de transmisiones en modo paralelo serán notables, además de la propia complejidad del microcomputador que deberá ser capaz de transferir información a todos los periféricos simultáneamente. Este requisito de transmisión simultánea de información a varios periféricos, si bien no es condición necesaria para la conexión independiente, sí que dejaría de tener sentido si la simultaneidad de la transmisión dejara de existir, esto es, en el caso de que no se precise que se transmita información de manera simultánea a varios microcomputadores deja de tener sentido la conexión independiente, puesto que el sistema de conexión común permite un hardware mucho más sencillo además de un sistema de conductores o mazo de cables único.

Es preciso señalar en favor del conexionado independiente frente al compartido, que en él la velocidad de transferencia de información es mayor que en este último.

Antes se refirió, y se hizo de manera expresa, que conceptualmente el modo de conexión independiente resulta más simple que el modo de conexión compartido. En éste último debe notarse que al utilizar un mismo sistema conductor para enviar la información a todos los periféricos, debe existir algún procedimiento que permita seleccionar en cada instante cuál es el periférico al que va dirigida la información transmitida, con el fin de que dicho periférico acceda a ella en el instante adecuado. Esta técnica lleva consigo un sistema de selección del periférico.

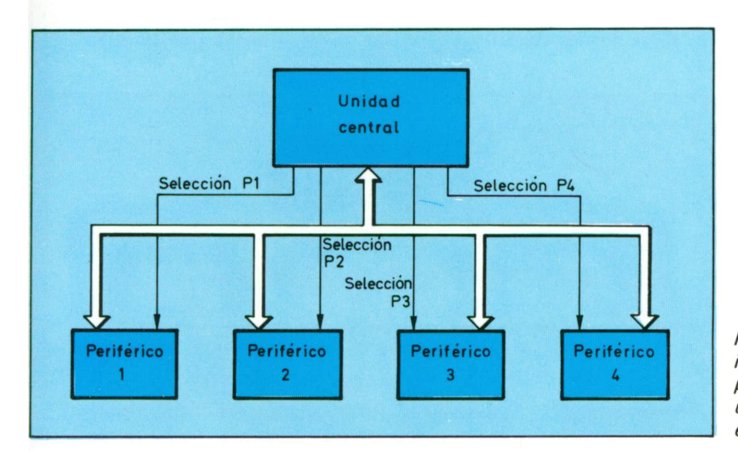


Figura 46. Selección independiente de periféricos por parte de la unidad central a la que están asociados.

La forma de llevar a cabo este procedimiento de selección de los sistemas a los que se destina la información en cada instante, se puede realizar de dos maneras distintas:

— Generando una señal de selección para cada uno de los periféricos.

— Generando una palabra de selección binaria de forma que las distintas combinaciones que pueden obtenerse con los bits de la misma se seleccionen de forma adecuada cada uno de los periféricos.

Resulta obvio que el primer caso sólo es recomendable si el número de dispositivos a seleccionar es pequeño, pero sus inconvenientes crecen a medida que es mayor el número de periféricos. En la figura 46 se ilustra gráficamente la selección individual de periféricos.

La segunda opción, la de seleccionar el periférico por medio de una palabra codificada en binario, puede conseguirse de dos formas:

— Disponiendo un sistema de conductores independiente al de transmisión de información, de manera que por ellos se envíe la combinación binaria que identifica el periférico en cuestión.
— Utilizando el mismo sistema de conductores por el que se transmite la información y preparando un conductor adicional, cuyo nivel lógico es indicativo de si la información presente en el sistema de conductores principal se trata de una información que se transfiere o se trata de la identificación de determinado periférico.

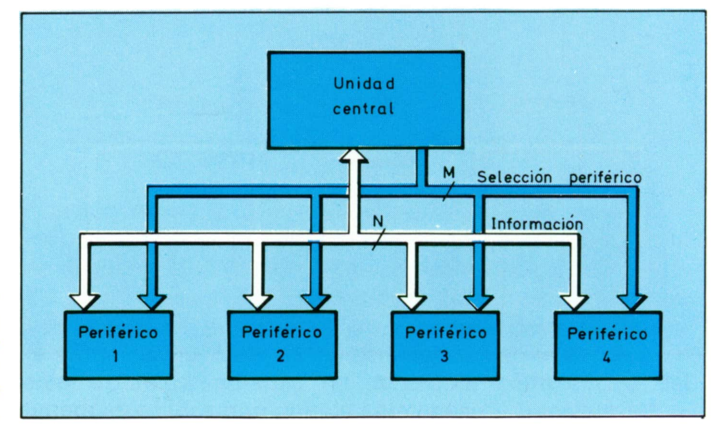


Figura 47. Selección de periférico mediante un bus común a todos los periféricos, pero independiente del bus de información.

En las figuras 47 y 48 se representan de forma gráfica las dos configuraciones posibles.

Antes de seguir adelante, es conveniente profundizar algo más en estos dos puntos.

La selección del periférico a través de hilos independientes de los de la transmisión de información, lleva consigo la exigencia de emitir simultáneamente la información que se desee y el código relativo al dispositivo al cual se pretende enviar dicha información. Es evidente que, desde el punto de vista del número de terminales activos que deben considerarse entre emisor y receptores, éste crece de forma considerable, pero la velocidad de transferencia de informa-

ción no se ve perjudicada en absoluto ya que la simultaneidad de emisión y selección así lo garantizan. Este procedimiento es muy usado en la práctica en los microcomputadores, ya que la tecnología de fabricación de circuitos integrados permite disponer de dispositivos hardware adecuados para estas funciones.

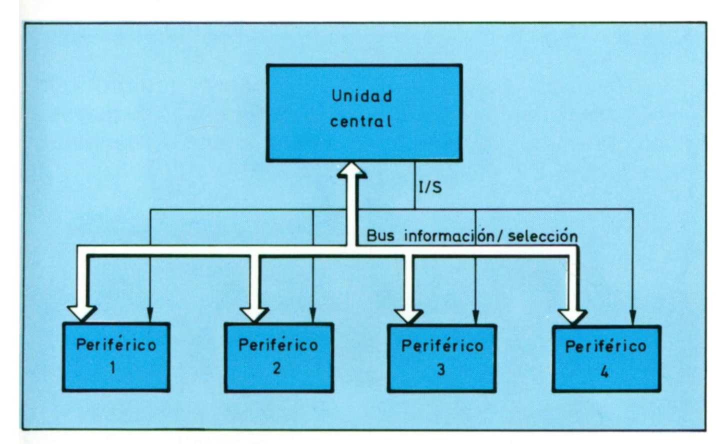


Figura 48. Bus común de selección e información, y señal de selección-información. Ambas conexiones relacionan la unidad central con los periféricos.

La selección de periféricos que utilizan el mismo sistema de hilos que el de la transmisión de información, si bien es más simple desde el punto de vista hardware, tiene el inconveniente de que la velocidad de transmisión es menor al tener que intercalar información transmitida e información de selección. Puesto que las señales de información y de selección van una tras otra, los periféricos o dispositivos que se interconecten según este procedimiento deben contener un registro temporal en el que almacenen la información en tanto reciben la señal de identificación, de forma que los registros de almacenamiento se activarán sólo en el caso de que sean los seleccionados por la unidad central.

Como el lector habrá comprobado, los supuestos de transferencia de información tratados hasta aquí entre la unidad central y los otros dispositivos (periféricos o no) se han referido siempre a situaciones en las que es dicha unidad central la que decide cuando envía la información a los dispositivos periféricos. Obviamente esta situación no es

la única que puede presentarse, ya que en la práctica suele ocurrir con gran frecuencia que sea el periférico el que demande a la unidad central que le envíe información. Un ejemplo aclarará este concepto.

Si un periférico de un computador es considerado como periférico de la unidad central, en el caso de que aquel aleatoriamente recibiera información de ésta sin un «estado previo» de actividad es probable que la información se perdiera, ya que el microcomputador lo que hace es ir enviando cíclicamente información. Para ello los periféricos están dotados de un registro de estado interno que, previamente identificado por la unidad central, hace que ésta entienda que el periférico en cuestión le está demandando información.



Sistema osciloperturbográfico rápido por medios electrónicos (SOREL), destinado a controlar mediante microcomputador magnitudes físicas que pueden traducirse en variaciones eléctricas. (Cortesía: Thomson-CSF).

Finalizada la transferencia, la unidad central desactiva el registro del periférico, de forma que éste pasa a un estado «inactivo» y es aquella la que vuelve a llevar la iniciativa en el proceso de transferencia.

Obviamente la problemática de las prioridades en que deben ser atendidos los periféricos es compleja y delicada, así como la adaptación de los distintos periféricos a la unidad central.

CONEXIONADO ENTRE MICROPROCESADOR Y PERIFERICOS

Aunque en el tema de la conexionabilidad entre distintos sistemas se ha tratado ya el problema de la conexión entre unidad central y periféricos, no se ha abordado de forma específica el acoplamiento entre ellos. El primer problema



Método lector de caracteres que transfiere texto o datos alfanuméricos al computador. Este sistema se basa en un cabezal lector fotosensible, que efectúa la lectura sobre la zona de texto que se ilumina.
(Cortesía: Oberon International).

que surge entre dos dispositivos cuando se interconectan es la diferente velocidad de transmisión y recepción que cada uno de ellos es capaz de desarrollar. Este problema es tanto más evidente cuanto mayor es esta diferencia de velocidades.

Dicho inconveniente se puede subsanar de diversas formas.

La más sencilla consiste en incluir entre los dos sistemas interconectados una memoria (habitualmente FIFO).

Esta unidad actúa a modo de colchón, de forma que almacena la información entrante, encargándose el receptor de demandarla a medida que su velocidad de proceso se lo permite. Obviamente al no ser la memoria un dispositivo de capacidad infinita, este procedimiento está limitado por la

propia capacidad de la memoria y la diferencia entre la velocidad de transmisión y la velocidad de recepción. Es frecuente que las unidades de memoria emitan una señal en el caso de que estén llenas, de forma que inhiben al emisor. Si bien este procedimiento evita que se pierda información, limita la capacidad operatoria del emisor, pues en situación «on line» (en línea) debe esperar que se vaya vaciando la memoria «colchón» para volver a transmitir información.

Otro procedimiento usado consiste en que el procesador esté directamente pendiente del periférico, al cual le está enviando información sin realizar trabajo alguno distinto de éste.

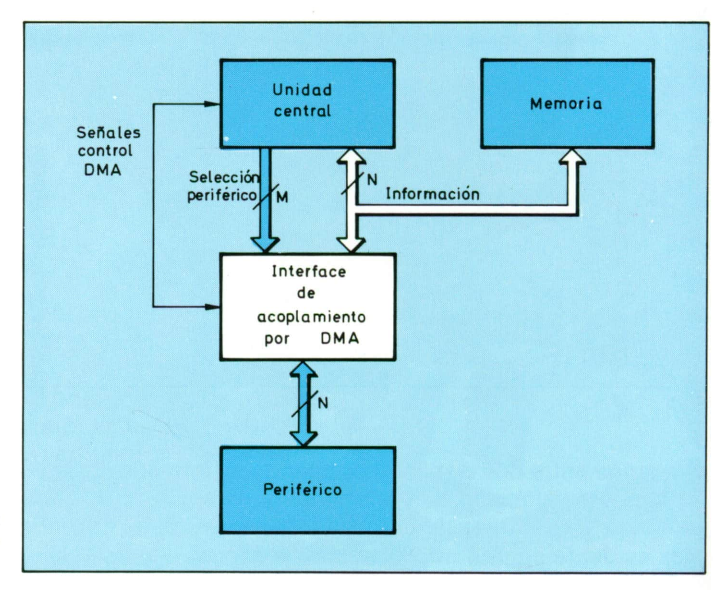


Figura 51. Interface de acoplamiento por interrupción.

Está claro que este modo de operar limita en gran medida la propia funcionalidad de la unidad emisora. No obstante, para esta solución no se precisa complicar el hardware como ocurría en el caso anterior al tener que añadir la memoria FIFO.

La tercera solución, que es la más sofisticada pero a la vez la que permite optimizar el rendimiento del conjunto, consiste en que el micro disponga de terminales mediante

los cuales los periféricos puedan reclamar su atención a la unidad central, de forma que interrumpan el trabajo que ésta realiza y se dedique exclusivamente al periférico o periféricos en cuestión.

Este procedimiento aporta un concepto nuevo a los introducidos hasta ahora: la interrupción referida al trabajo que realiza en cierto instante la unidad central y asimismo las prioridades de la misma, en el sentido de que en el caso de llegar a la unidad central más de una interrupción, se decida cuál de ellas debe atender en primer lugar y así sucesivamente.

Obviamente el lector ya habrá comprendido que el tratamiento de las interrupciones se adecúa mejor a los sistemas programables que a aquellos constituidos por lógica cableada, ya que es claro que el tratamiento de las prioridades en las interrupciones debe ser preestablecido en



Los computadores Facom admiten trabajar con muchos periféricos, están dotados de pantallas en color y pueden adaptarse a unidades más complejas.

el sistema, y la forma más sencilla de llevarlo a cabo es mediante la programación de la jerarquía de las mismas.

Otros procedimientos como el de acceso directo a memoria, que será estudiado más adelante en otro apartado, optimizan grandemente la velocidad de trabajo de microcomputadores que usan para almacenamiento de información memorias de acceso aleatorio. El procedimiento de acceso directo a memoria se denomina popularmente DMA, cuyas siglas corresponden a las primeras letras de su denominación inglesa: *Direct Memory Acces.*

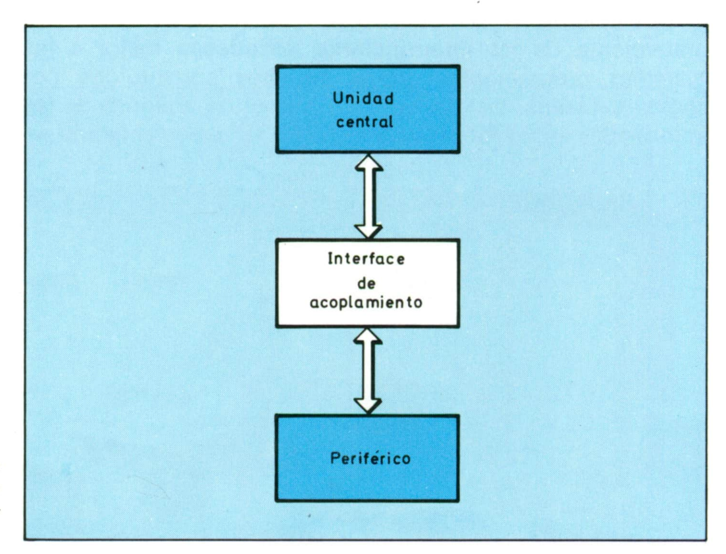


Figura 53. Diagrama general de transferencia entre la unidad central y un elemento periférico.

Retomando el curso del tratamiento del problema de interconexión entre los microprocesadores y sus periféricos, base fundamental del funcionamiento de los microcomputadores, en los términos más generales la citada interconexión se realiza conforme a los bloques funcionales mostrados en la figura 53.

Este diagrama tan genérico resulta a todas luces insuficiente para comprender el alcance de este fenómeno de transferencia de información, sobre todo porque no evidencia la mejor cualidad de los microprocesadores gracias a la cual estos dispositivos han alcanzado el índice de populari-

dad e influencia en la vida del hombre de que hoy disponen, esta cualidad no es otra que la capacidad de ser programados, tanto los microprocesadores como los periféricos o las unidades de acoplamiento.

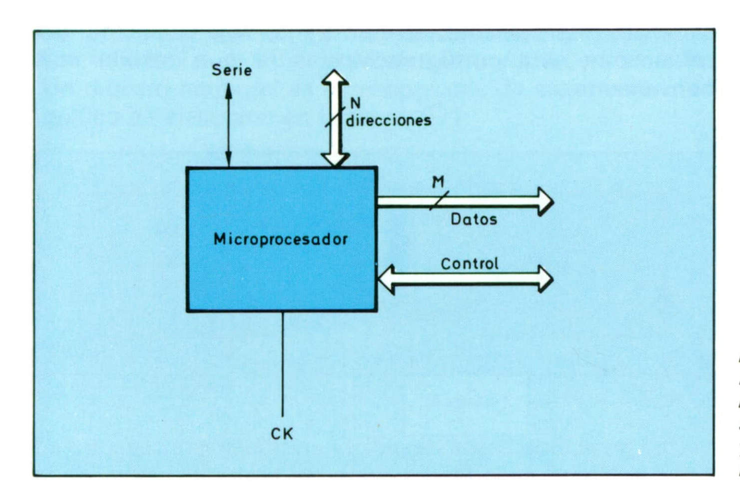


Figura 54. Diagrama de bloques de microprocesadores E/S serie con buses de datos y direcciones independientes.

Dado que la generalidad del planteamiento del problema exigiría para su desarrollo una profunda y extensa explicación teórica, se ha escogido una estructura de entre las más frecuentes en la realidad y se han tratado en torno a ella las bases fundamentales que puedan aplicarse a cualquier microcomputador similar.

La estructura escogida es la que corresponde a una configuración con los buses de datos y direcciones independientes. En la figura 54 se aprecia, a nivel de diagrama de bloques, la configuración de partida del microprocesador que se considera.

En este apartado se van a tratar de nuevo los aspectos relativos a la transmisión serie y paralelo dentro de esta problemática de intercomunicación entre un microprocesador (CPU de microcomputador) y los periféricos.

Como se refirió con anterioridad, la transferencia de información en modo serie se puede llevar a cabo de forma síncrona o asíncrona, pero es importante destacar los aspectos diferenciales que añade la capacidad de programación de los microprocesadores.

De un lado, mediante un programa adecuado el microprocesador permite la transferencia de información mediante entrada y salida serie, habitualmente de forma asíncrona. El diagrama de bloques de la figura 55 representa gráficamente esta situación. El programa de transmisión se estudiará más adelante. En este punto será suficiente con referir que esta configuración es la que resulta más conveniente.

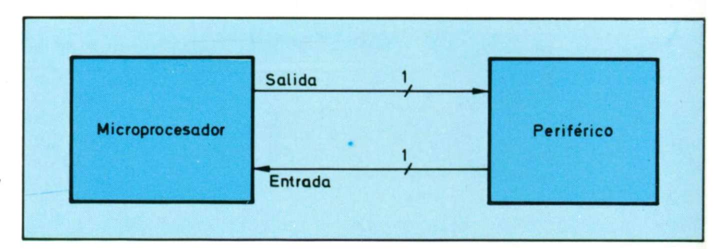


Figura 55. Diagrama de bloques de una transmisión serie entre el microprocesador y un periférico.

Otra posibilidad es la de utilizar un transmisor/receptor en serie, en cuyo caso el diagrama de bloques resulta de la forma que se señala en la figura 56. Hay que destacar el hecho de que la mayoría de fabricantes de microprocesadores ha desarrollado circuitos integrados LSI adecuados a sus dispositivos. Generalmente reciben el nombre de PCI (Programmable Communication Interface).

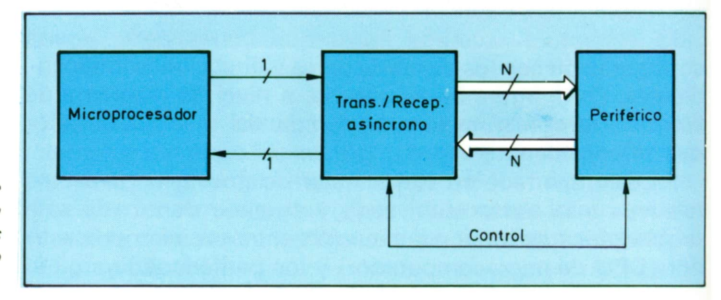


Figura 56. Diagrama de bloques de transmisión serie mediante interfaces de comunicación de tipo programable.

La forma de transferencia de información en paralelo es la más usada para interconectar las unidades centrales de los microcomputadores a sus periféricos, dentro de las diversas

posibilidades que en ella se pueden llevar a cabo el bus de datos suele usarse como soporte de la transferencia.

Como el lector ya ha estudiado, la conexión al bus de datos se lleva a cabo mediante puertas tri-state.

Cuando la unidad central envía información a un periférico, dicha información es mantenida temporalmente en el bus de datos mediante las señales de control convenientes. Un registro temporal es el responsable de esta misión (ver gráfico de ejecución en la figura 57).

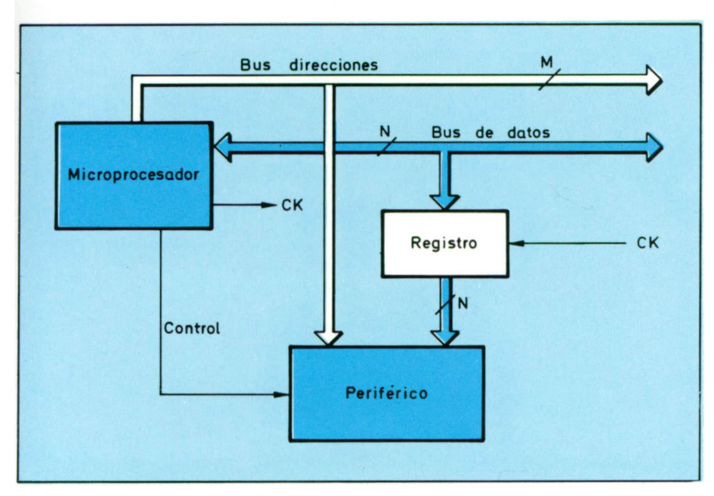


Figura 57. Almacenamiento temporal del contenido del bus de datos en la transferencia de información a un periférico.

La situación, en el caso de que los periféricos sean de entrada a la unidad central, es idéntica a la expuesta pero justamente invertida. La selección del periférico con el que transfiere información, el microprocesador (o unidad central en general), siguiendo los fundamentos básicos expuestos en los capítulos anteriores puede realizarse de dos formas:

- Los datos e información de la selección del periférico deben aparecer en el bus en el caso de bus único de direcciones y de datos.
- En el caso de buses independientes, dicha selección se realiza a través del bus de direcciones. Esta segunda situación es la más frecuente en la realidad. Esquemáticamente esta configuración se representa según se muestra en la figura 57.

MODOS DE CONTROLAR LA TRANSFERENCIA DE INFORMACIONES

La transferencia de información entre la unidad central de un microcomputador y sus circuitos o dispositivos periféricos, cuyos modos serie y paralelo se han tratado en el apartado anterior así como las distintas configuraciones posibles, obedece a unos principios del control de dicha transferencia que en cada caso definen los distintos modos de funcionamiento.

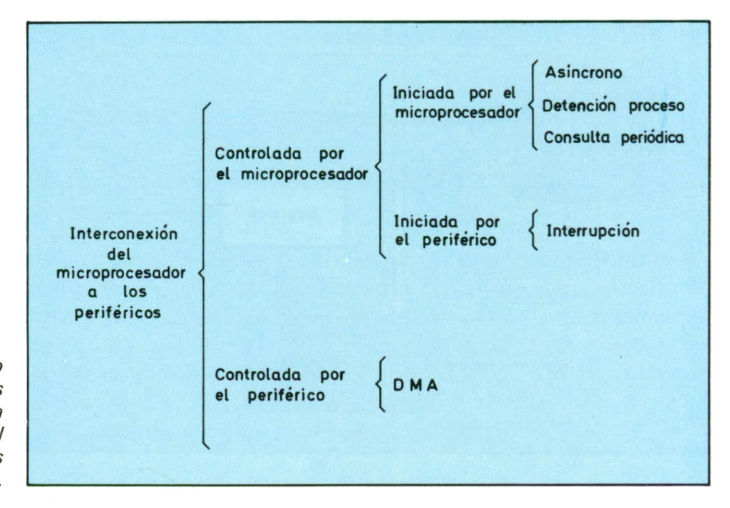


Figura 58. Cuadro sinóptico de las diferentes maneras de controlar la transferencia entre el microprocesador y los periféricos.

En lo que se refiere a la transferencia de información entre unidad central y periférico, ésta puede ser controlada mediante la propia unidad central (generalmente a través de la ejecución de la instrucción apropiada del microprocesador o microprocesadores correspondientes), también puede llevarse a cabo dicho control por el periférico de que se trate, el cual puede dialogar directamente con la memoria del microcomputador.

En lo que resta de este apartado se va a tratar únicamente una parte de la problemática del control de la transferencia a través de la unidad central, en concreto los modos de control iniciados por el microprocesador, dejando para apartados sucesivos el control llevado a cabo por el microprocesador

pero iniciado desde el periférico y el control realizado por el periférico mediante el acceso directo a memoria (DMA). En la figura 58 se representan, de forma enunciativa, los distintos modos de control de transferencia de información entre la unidad central y los dispositivos periféricos de un microcomputador.



Computador personal de Olivetti, dotado de una pantalla de alta resolución. Resulta útil para obtener gráficos, CAD/CAM, y está adoptado para trabajar con una amplia gama de colores.

El control de la transferencia llevada a cabo por el microprocesador se define por aquella transferencia que consiste en la ejecución de alguna instrucción por parte del microprocesador. Dentro de este grupo se distinguen los casos en que el inicio de la transferencia lo decide el microprocesador de aquellos otros en que el inicio de tal transferencia lo decide el periférico mediante una interrupción. Este último modo será estudiado en el siguiente apartado de forma separada.

En el control de la transferencia iniciada por el microprocesador se pueden distinguir varios modos.

Una primera situación o modo de control se presenta en el caso en que la unidad central procese la información transferida con el microprocesador en el mismo tiempo en que ejecuta una instrucción de entrada o salida. En esta situación el periférico no envía ninguna señal de control al microprocesador, y la unidad central puede ejecutar instrucciones de transferencia sin necesidad de sincronización entre unidad central y periférico. A este modo de transferencia se le denomina asíncrono.

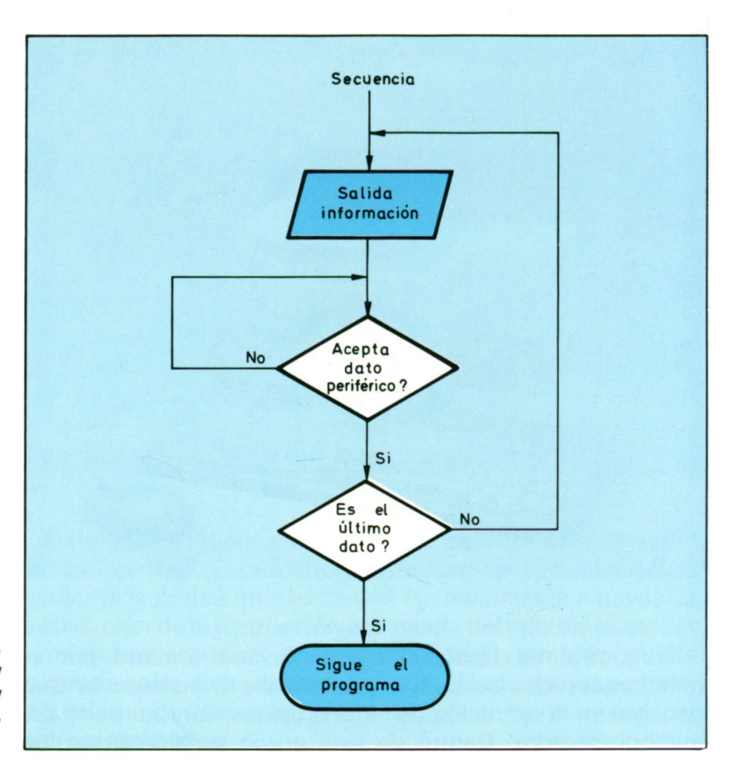


Figura 60. Diagrama de flujo que representa el acoplamiento del periférico mediante detención del proceso.

Otro modo de control de transferencia es el que se lleva a cabo mediante la detención del proceso, de ahí su nombre. Esta situación es la que se presenta en caso de periféricos

cuya velocidad de proceso de información es muy inferior a la del microprocesador o microprocesadores de la unidad central del microcomputador en cuestión. En esta situación, el microprocesador no puede ejecutar instrucciones de entrada y salida de forma asíncrona, o sea en cualquier instante, sino que es preciso una sincronización entre microprocesador y periférico. Las distintas formas de detener esta sincronización pueden resumirse de la siguiente forma:

— Detención del proceso a través del programa.
— Detención del proceso a través de la patilla de paro del microprocesador.

Estos procedimientos consisten en permitir al microprocesador (unidad central en general) que se detenga en el proceso que realiza y que, de esta forma, espere al periférico para que le entregue información o sea capaz de asimilar la información que el microprocesador le envía. Es claro que este procedimiento no permite optimizar la labor de la unidad central, pero permite, en según qué tipo de aplicaciones, utilizar el tiempo de «espera» de la unidad central para otras aplicaciones.

En la figura 60 se representa el diagrama de flujo de una parte de programa. Esta parte en concreto representa la salida de información hacia el periférico, de manera que se detiene el proceso en tanto se efectúa la transferencia. Cuando esto ha ocurrido, la unidad central espera que el periférico acepte o asimile la información que le ha sido transferida y en caso de que hayan sido transferidos todos los datos reinicia la ejecución del programa, continuando la transferencia en el caso de que no se haya transmitido completamente la información deseada.

En el caso de que la detención del proceso se lleve a cabo a través del programa, que era la primera de las dos opciones que anteriormente se enunciaban, ésta se puede llevar a cabo de forma que el microprocesador o la unidad central estén en bucle en tanto dura el retardo necesario para esperar al periférico. Este procedimiento limita la capacidad de trabajo de la unidad central y hace considerablemente lenta la velocidad de transferencia, sobre todo en los casos en que el tiempo con el que el periférico procesa la información recibida sea variable.

En el caso de que la detención del proceso se efectúe mediante la señal de paro en algunos microprocesadores puede aplicarse a través del terminal correspondiente,

mediante el cual se inhibe la función de proceso del microprocesador en tanto no se reciba del periférico instrucción de que ha quedado libre de nuevo.

Para llevar a cabo esta función, en la unidad de interface entre unidad central y periférico debe preverse un biestable que, reconociendo el estado lógico de disponible del periférico debidamente conectado (el biestable) a la patilla de paro correspondiente, inhiba al microprocesador del proceso de información. De esta forma la «espera» o sincronización del microprocesador con el periférico se puede llevar a cabo.

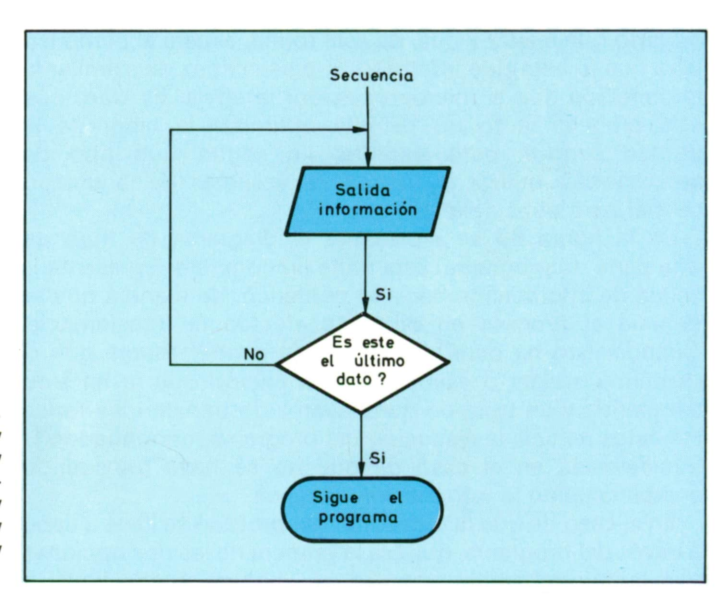


Figura 61. Diagrama de flujo, en donde el acoplamiento del periférico tiene lugar mediante la detención del proceso, a través del terminal de paro del microprocesador.

En la figura 61 se muestra el diagrama de flujo de una porción de programa incluyendo la detención del proceso por entrada de paro.

Es evidente que a partir del estudio de estos dos últimos procedimientos, la detención del proceso por paro del microprocesador es preferible al caso de que la detención del proceso se realice haciendo ejecutar un número determinado de bucles al microprocesador, siempre y cuando el

tiempo que tarda el periférico en estar disponible para aceptar un nuevo dato sea variable o en aquellos otros casos en que el periférico es lento.

El último procedimiento de transferencia de información controlada por el microprocesador e iniciada por el mismo es el denominado de consulta periódica. Este procedimiento elimina en gran parte los inconvenientes que presentan los



Computador personal formando conjunto con un monitor, dos unidades de discos flexibles y teclado independiente.

sistemas de detención del proceso señalados antes. Mediante este sistema y a través de un pequeño incremento del hardware, puede establecerse un proceso de consulta a un determinado biestable incluido al efecto, el cual es conocedor de un determinado estado interno del interface entre microprocesador y periférico. Cuando el periférico está preparado para llevar a cabo determinada transferencia se lo «hace saber» al microprocesador, colocando el biestable de consulta en determinado estado lógico. El microprocesador, a través de las consultas periódicas que realiza a dicho biestable, se entera del estado del periférico y envía las

señales de control adecuadas para que la transferencia sea ejecutada correctamente.

En la figura 63 se representa el diagrama de flujo correspondiente a este proceso de consulta periódica.

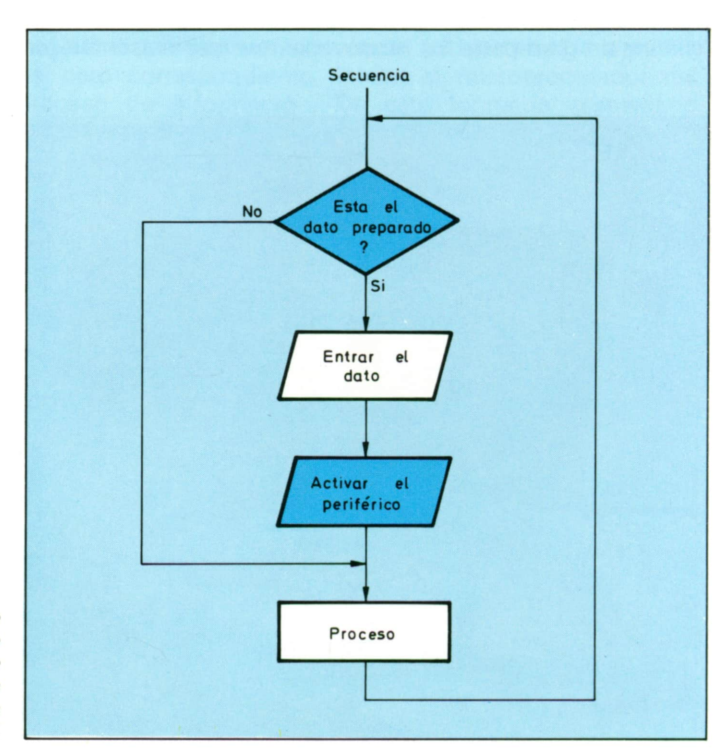


Figura 63. Diagrama de flujo de un acoplamiento del periférico mediante consulta periódica (corresponde a la entrada de información).

Es de señalar que esta técnica de control de transferencia es igualmente adecuada para los periféricos de entrada y los de salida, esto es, periféricos que envían información a la unidad central y periféricos que reciben información de la unidad central.

Con la descripción de esta última técnica de control de transferencia se cierra el análisis de esta problemática desde el punto de vista de que dicha función de control sea iniciada por el microprocesador. En el próximo apartado, como anteriormente se refirió, se trata el modo de transferen-

cia por interrupción que es, como el lector podrá comprobar, uno de los más importantes e interesantes.

ACOPLAMIENTO POR MEDIO DE INTERRUPCIONES: PRIORIDADES DE INTERRUPCION

El acoplamiento entre microprocesador y periférico a través de interrupciones presenta una gran flexibilidad y por ello es uno de los sistemas más usados si no el que más.

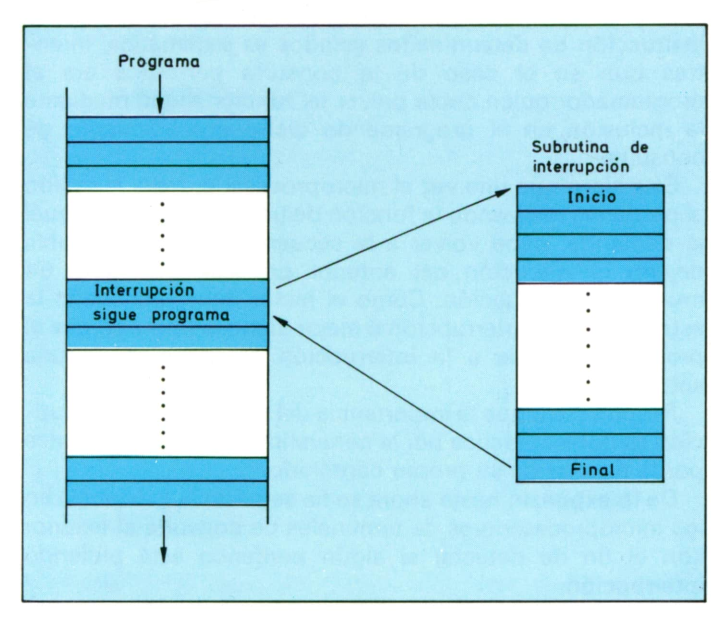


Figura 64. Detalle de la colocación de una subrutina de interrupción.

Aunque el control de la transferencia tampoco escapa a la responsabilidad del microprocesador (unidad central), en este caso dicho control puede iniciarse a partir del periférico, de forma que el microprocesador se desentiende completamente del periférico y éste, cuando está disponible para llevar a cabo la transferencia correspondiente, se lo comunica a la unidad central.

Cuando la CPU de un microprocesador va a ejecutar una

instrucción efectúa ciclos de búsqueda y posteriormente de ejecución de la instrucción. En los últimos estados de esta ejecución la unidad de control puede consultar unos determinados terminales de entrada y, en función de sus estados, decidir de forma diversa, ya sea continuando el proceso que estaba llevando a cabo y ejecutando la instrucción siguiente, ya sea interrumpiendo dicho proceso y pasando a atender al periférico que es el responsable de la variación de tales estados de entrada.

La diferencia de este sistema respecto al de consulta aunque a primera vista parece insignificante es, desde un punto de vista conceptual, muy importante.

En el procedimiento de interrupciones la consulta en cada instrucción de determinados estados es sistemática, mientras que en el caso de la consulta periódica era el programador quien debía prever tal funcionalidad mediante la inclusión en el programa de dicho procedimiento de consulta.

Está claro que una vez el microprocesador haya atendido al periférico realizando la función de transferencia que aquél le demande, debe volver a la secuencia en la cual había dejado la ejecución del anterior proceso. La figura 64 muestra esta situación. Como el lector habrá adivinado la estructura de la interrupción o mejor dicho la forma en que el programa atiende a la interrupción es la típica de una subrutina.

Resulta claro que la importancia del concepto de interrupción es doble: práctica por la generalidad de su uso y teórica por la riqueza de su propio contenido.

De lo expuesto hasta ahora se ha seguido la existencia en los microprocesadores de terminales de consulta al exterior con el fin de detectar si algún periférico está pidiendo interrupción.

Pero el lector habrá ya adivinado que en el caso más general y real, en el que hay conectado a una unidad central varios periféricos, más de uno de ellos podrá pedir al microprocesador que interrumpa su proceso para atenderle. Surge aquí, obviamente, una nueva problemática: la forma en que los periféricos piden la interrupción.

Esta demanda de interrupción por parte de los periféricos al microprocesador puede llevarse a cabo a través de su terminal correspondiente o bien a través de un único terminal para todos los periféricos.

